



Modèle Ontologique Contextuel Pour Les Patients Atteints De La Maladie Pulmonaire Obstructive Chronique

Par Hicham Ajami

**Thèse présentée à l'Université du Québec à Chicoutimi
comme exigence partielle de la thèse du doctorat en sciences et technologies de
l'information**

Québec, Canada

© Hicham Ajami, 2019

RÉSUMÉ

L'informatique ubiquitaire est considérée comme l'une des réalisations scientifiques les plus marquantes de la dernière décennie. Cette vision a créé une révolution dans les interactions des utilisateurs finaux à partir le concept de sensibilité au contexte. L'informatique ubiquitaire offre une nouvelle opportunité pour remodeler la forme des solutions conventionnelles en fournissant des services personnalisés en fonction des situations contextuelles de chaque environnement. Des centaines d'architectures théoriques ont été développées dans le but de mettre en œuvre l'idée de systèmes sensible au contexte. Cependant, l'informatique ubiquitaire est encore pratiquement non applicable en raison de nombreux défis, surtout que les architectures proposées se présentent toujours comme une solution générale qui permet de satisfaire n'importe quel type d'application et toutes sortes d'utilisation.

Objectifs: Cette thèse vise à concevoir et valider un modèle contextuel pour les systèmes de soins de santé ubiquitaires et spécifiquement destinés à aider les patients souffrant de la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC).

La méthode: Les informations contextuelles sont très importantes pour les applications de soins de santé sensibles au contexte, en particulier celles utilisées pour surveiller les patients atteints de maladies chroniques qui sont affectées par des conditions concevables. Dans cette thèse, nous proposons une nouvelle classification de contexte pour le domaine médical qui couvre tous les aspects influençant la santé des patients. La grande échelle de cette classification le rend apte pour être une référence générale pour de divers projets de recherche s'intéressant au contexte médical. Ensuite, nous proposons un modèle contextuel à base d'ontologies capable de gérer la structure complexe du domaine de la MPOC de manière cohérente, en proportion de la nature dynamique de cet environnement. Ce nouveau modèle ontologique constitue le noyau de notre perception pour la mise en œuvre de la solution de soins de santé ubiquitaire. Le modèle présenté examine son efficacité dans la gestion de l'une des maladies les plus vulnérables au contexte, où il prouve ainsi sa capacité à adapter les services de soins de santé à titre personnel et en fonction des conditions actuelles et prévues. Le modèle proposé a montré des résultats prometteurs dépassant 85% approuvé par un groupe de spécialistes expérimentés dans le domaine des maladies pulmonaires.

ABSTRACT

Ubiquitous computing is considered one of the most impactful scientific achievements in the last decade. This conception created tremendous revolution in the end-user interactions through the concept of context-awareness. Ubiquitous computing offers a new opportunity to redesign the pattern of conventional solutions where it can easily tailor its processes upon existing contextual situations. Hundreds of theoretical architectures have been developed to enable context-awareness computing in pervasive settings. However, ubiquitous computing is still practically not feasible due to many challenges, but most importantly, that the proposed models always present themselves as a general solution to all kinds of real-life applications.

Objectives: This thesis aims to design and validate a contextual model for health-care context-aware systems to support patients suffer from Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD).

Method: The contextual information is important for developing Context-Aware Healthcare Applications, especially those used to monitor patients with chronic diseases which are affected by perceived conditions. In this thesis, we propose a novel context categorization within the medical domain which covers all the context aspects. Then, we propose an ontology-based model able to handle the complex contextual structure of the COPD domain coherently, and in proportion to the dynamic nature of that environment. This new ontological context is the core of our perception for implementing the ubiquitous healthcare solution. The presented model examines its effectiveness in managing one of the most context-sensitive diseases, thereby demonstrating its ability to adapt health care services on a personal basis and in accordance with current and projected events. The proposed model has shown promising results exceeding 85% approved by a group of experienced specialists in respiratory and lung diseases.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
Motivations.....	2
Définition de la problématique	3
Objectifs	8
Méthodologie	10
Contributions	17
Structure de document.....	18
CHAPITRE 1	22
REVUE CRITIQUE DES PROBLÈMES DE MPOC ET DES SOLUTIONS EXISTANTES	22
1.1 Introduction.....	22
1.2 Maladie pulmonaire obstructive chronique	23
1.2.1 MPOC et malnutrition	24
1.2.2 MPOC et comorbidités	24
1.2.3 MPOC et activités physiques.....	25
1.2.4 MPOC et traitement	25
1.2.5 MPOC et exacerbations	26
1.3 Dispositifs et technologies existants	26
1.3.1 Comparaison des projets existants	30
1.4 L'importance du contexte dans les soins de santé	32
1.5 Contexte de la MPOC	33
1.6 Ontologies de la MPOC	34
1.7 Synthèses	43
CHAPITRE 2	47
REVUE DES MODÈLES CONTEXTUELS	47
2.1 Introduction	48
2.2 Définition de contexte.....	48
2.3 Modèles de contexte	49
2.3.1 Modèle clé-valeur	50
2.3.2 Modèle schéma de balisage.....	50
2.3.3 Modèle logique	50
2.3.4 Modèle orienté objet	50

2.3.5	Modèle graphique	51
2.3.6	Ontologie	51
2.3.7	Modèle de domaine	51
2.3.8	Modèle spatial	52
2.3.9	Modèle multidisciplinaire.....	52
2.3.10	Modèle centré sur l'utilisateur	52
2.3.11	Modèle inspiré de la chimie	52
2.2.12	Modèle hybride	53
2.4	Comparaison des caractéristiques des modèles de contexte	53
2.5	Cadres de santé compatibles avec le contexte.....	56
2.6	Architecture du système	57
2.7	Modèle de contexte et étude de cas	58
2.8	Modélisation des soins de santé.....	59
2.9	Étude de cas et discussion	60
2.11	Conclusion	63
CHAPITRE 3	64
CATÉGORISATION DU CONTEXTE DANS LE DOMAINE MÉDICAL	64
3.1	Introduction	65
3.2	État de l'art.....	66
3.2.1	Discussion.....	68
3.3	Dimension du contexte médical.....	71
3.4	Synthèse	78
3.5	Étude de cas : le contexte médical de la MPOC	80
3.6	Conclusion	84
CHAPITRE 4	85
MODÈLE FONDÉ SUR L'ONTOLOGIE POUR LA PRISE EN CHARGE DE SYSTÈMES DE SANTÉ UBIQUITAIRE POUR LES PATIENTS ATTEINTS DE MPOC	85
4.1	Introduction	86
4.2	Travaux connexes	88
4.3	Modèle proposé	91
4.3.1	Couche d'acquisition de données.....	92
4.3.1.1	Facteurs démographiques	92
4.3.1.2	Facteurs physiologiques	93
4.3.1.3	Facteurs psychologiques	93
4.3.1.4	Facteurs environnementaux	93

4.3.1.5 Activité physique	94
4.3.1.6 Le tabagisme	94
4.3.1.7 Comorbidités.....	94
4.3.1.8 Nourriture.....	95
4.3.1.9 Histoire.....	95
4.3.2 Couche sémantique (ontologie).....	95
4.3.2.1 Classifications d'ontologie.....	96
4.3.2.2 Méthodologies pour la construction d'ontologies	99
Étape 1: Déterminer le domaine et la portée de l'ontologie	102
Étape 2: Réutilisation de l'ontologie.....	103
Étape 3 : Développement d'un modèle conceptuel	104
Développement du domaine d'ontologie de la MPOC	106
Ontologie du patient	107
Ontologie de l'environnement	109
Ontologie des dispositifs.....	110
Ontologie d'activité	111
Ontologie de localisation.....	112
Ontologie de la maladie	112
Ontologie de l'état clinique	113
Ontologie de service.....	113
Étape 4: Implémentation.....	114
Étape 5: Évaluation de la COPDology.....	115
Critères d'évaluation de l'ontologie	115
Mesures d'évaluation de l'ontologie	117
Évaluation au niveau de l'ontologie.....	117
Analyse.....	119
Évaluation au niveau de la classe.....	120
Analyse.....	122
4.3.3 Couche de traitement et de raisonnement	123
4.3.3.1. Étiquette du dossier du patient.....	124
4.3.3.2. Détecteur de localisation du patient	125
4.3.3.3. Détecteur d'activité du patient	126
4.3.3.4. Détecteur de facteurs de risque	127
4.3.3.5. Services médicaux	129

4.4	Conclusion	129
CHAPITRE 5		131
UN SYSTÈME MÉDICAL UBIQUITAIRE POUR LES PATIENTS ATTEINTS DE MPOC		131
5.1	Introduction	132
5.2	Travaux connexes	134
5.3	Système sensible au Contexte	137
5.4	Extraction de règles.....	141
5.4.1	Règles des signes vitaux	141
5.4.2	Règles d'intérieur	145
5.4.3	Règles d'extérieur	148
5.4.4.	Adaptation au contexte dynamique.....	154
5.5.	Ensemble de Données	155
5.5.1.	Activités de la vie réelle	156
5.5.2.	Conditions environnementales	160
5.5.3.	Profil médical	162
5.6.	Implémentation	164
5.7.	Résultats	173
5.8.	Évaluation et Validation.....	179
5.9.	Conclusions et Limitations	182
CONCLUSION ET DISCUSSION		183
BIBLIOGRAPHIE DU L'INTRODUCTION.....		192
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE I		194
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE II		198
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE III		199
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE IV		201
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE V.....		206
ANNEXE A		212
ANNEXE B		214
ANNEXE C		215
ANNEXE D		219
ANNEXE E		222
ANNEXE F		225
ANNEXE G		228
ANNEXE H		231
ANNEXE I.....		233
ANNEXE J		236
ANNEXE K		239

ANNEXE L.....	241
ANNEXE M.....	244
ANNEXE N.....	247
ANNEXE O.....	247

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : PROJETS EXISTANTS	31
TABEAU 2 : ONTOLOGIES EXISTANTES.....	44
TABEAU 3 : MODÈLES DE CONTEXTE	49
TABEAU 4: COMPARAISON ENTRE LES APPROCHES DE MODÉLISATION [15]	53
TABEAU 5 : INDICATION DE LA PERTINENCE [14]	54
TABEAU 6: COMPARAISON.....	54
TABEAU 7 : TEMPÉRATURE CORPORELLE NORMALE	58
TABEAU 8 : FRÉQUENCE CARDIAQUE PENDANT UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE INTENSE	59
TABEAU 9: DIMENSIONS DU CONTEXTE	67
TABEAU 10: COMPARAISON DES CATÉGORISATIONS DE CONTEXTE EXISTANTES	78
TABEAU 12: CLASSIFICATION DE L'ONTOLOGIE	96
TABEAU 13: PARTIE DE CLASSES AVEC LEURS CODES STANDARD	108
TABEAU 14 : QUELQUES PROPRIÉTÉS DE L'ONTOLOGIE DU PATIENT.....	109
TABEAU 15: ÉVALUATION AU NIVEAU DE LA CLASSE	122
TABEAU 16 : SERVICES ET RECOMMANDATIONS	129
TABEAU 17 : VARIATION DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE.....	144
TABEAU 18 : ENSEMBLE DE DONNÉES	160
TABEAU 20 : EXEMPLES DE DONNÉES.....	161
TABEAU 21 : EXEMPLES DE DONNÉES.....	162
TABEAU 22 : UN EXEMPLE DE DOSSIER MÉDICAL	163
TABEAU 23 : PROFIL DU PATIENT	174
TABEAU 24 : ALARMES ET CONTRAINTES DE BIOMARQUEURS	174
TABEAU 25 : ALARMES ET CONTRAINTES DE POLLUANTS	176
TABEAU 26 : ALARMES MÉTÉO ET CONTRAINTES	177
TABEAU 27 : ACTIVITÉS ALARMES ET CONTRAINTES	178
TABEAU 28 : NOMBRE TOTAL D'ALARMES.....	179
TABEAU 29 : FORMULAIRE D'ÉVALUATION DU PATIENT	180
TABEAU 30 : LA MATRICE DE CONFUSION	181
TABEAU 31 : RÉFÉRENCE STANDARD.....	181

LISTE DES FIGURES

FIGURE : 1 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE	11
FIGURE : 2 LA BRONCHITE	23
FIGURE : 3 EMPHYSEME	23
FIGURE : 4 ONTOLOGIE HOTMES	35
FIGURE : 5 L'ENSEMBLE DE L'ONTOLOGIE DE PAGANELLI	37
FIGURE : 6 ONTOLOGIE DE MCHEICK ET AL.	39
FIGURE : 7 ONTOLOGIE DE RYU	40
FIGURE : 8 COMPOSANTS DU MODULE D'ONTOLOGIE CHRONIOUS	41
FIGURE: 9 SYSTÈMES DE SURVEILLANCE À DISTANCE	57
FIGURE: 10 REPRÉSENTATION ONTOLOGIQUE DU CONTEXTE	60
FIGURE: 11 SCHÉMA D'APPLICATION	61
FIGURE: 12 APPLICATION DU PATIENT	61
FIGURE: 13 SURVEILLANCE EN TEMPS RÉEL (CÔTÉ SERVEUR)	62
FIGURE: 14 DIAGNOSTIC REÇU (CÔTÉ CLIENT)	62
FIGURE: 15 CONTEXTE DE LA MPOC	81
FIGURE: 16 LE CADRE DU SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA MPOC	91
FIGURE: 17 DIMENSIONS DE LA CLASSIFICATION D'ONTOLOGIES	99
FIGURE: 18 ANALYSE DES MÉTHODOLOGIES EXISTANTES	101
FIGURE: 19 CONSTRUCTION DE L'ONTOLOGIE	101
FIGURE: 20 LA STRUCTURE DE BASE DE LA COPDOLOGY INTERNE	107
FIGURE: 21 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DU PATIENT	108
FIGURE: 22 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	110
FIGURE: 23 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DES DISPOSITIFS	111
FIGURE: 24 PARTIE DE L'ONTOLOGIE D'ACTIVITÉ	111
FIGURE: 25 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DE LOCALISATION	112
FIGURE: 26 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DE LA MALADIE	112
FIGURE: 27 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DE L'ÉTAT CLINIQUE	113
FIGURE: 28 PARTIE DE L'ONTOLOGIE DE SERVICE	114
FIGURE: 29 MATURITÉ AU NIVEAU ONTOLOGIE DE COPDOLOGY	120
FIGURE : 30 PROCESSUS DE RAISONNEMENT	124
FIGURE: 31 PARTIE DU CALCUL DE LA GRAVITÉ DU PROFIL DU PATIENT	125
FIGURE: 32 EXEMPLE DE RÈGLE DE DÉTECTION D'INTÉRIEUR	126
FIGURE: 33 A SOLUTION BASÉE SUR L'EXPLORATION DE DONNÉES	127
FIGURE: 34 UN EXEMPLE DE RAISONNEMENT	128
FIGURE: 35 ARCHITECTURE GÉNÉRALE	140
FIGURE: 36 FRÉQUENCE CARDIAQUE SELON L'ÂGE ET LE SEXE.	143
FIGURE: 37 FRÉQUENCE CARDIAQUE PAR ÂGE.	143
FIGURE: 38 UN EXEMPLE DE RÈGLES INTÉRIEUR	147
FIGURE: 39 RÈGLES DE LA TEMPÉRATURE EXTERNE.	150
FIGURE: 40 L'EFFET DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE	152
FIGURE: 41 UN SIMPLE ORGANIGRAMME DES RÈGLES	153
FIGURE: 42 LES NIVEAUX DE SÉCURITÉ DE PM10 AU FIL DU TEMPS.	155
FIGURE: 43 ENSEMBLE DE DONNÉES.	156
FIGURE: 44 MODÈLE CIF	158
FIGURE: 45 LA MATRICE DE PROBABILITÉS DE TRANSITION	160
FIGURE: 46 FLUX DANS LE SYSTÈME MIS EN ŒUVRE	166
FIGURE: 47 PORTION DE L'ONTOLOGIE PROPOSÉE	167
FIGURE: 48 PARTIE DU TYPE DE DONNÉES ET PROPRIÉTÉ DE L'OBJET.	168
FIGURE: 49 EXEMPLES D'INSTANCES DANS L'ONTOLOGIE	169

REMERCIEMENTS

À la fin de mes études universitaires, les mots me manquent pour exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont rendu ce travail possible. J'aimerais tout d'abord remercier mon directeur de thèse, professeur Hamid Mcheick, pour son soutien, sa patience, et pour sa confiance en moi, ses conseils, et ses encouragements tout au long de la préparation de cette thèse.

Je tiens à remercier tout particulièrement ma deuxième maison, l'Université du Québec à Chicoutimi, de m'avoir donné l'opportunité de réaliser mon ambition et de poursuivre mes études de doctorat en technologie de l'information.

Je suis également très reconnaissant à professeur Karam Mustapha pour son aide, pour ses suggestions précieuses et constructives lors de la planification et du développement de ce travail de recherche. J'exprime aussi ma profonde gratitude à tous les hôpitaux, cliniques, médecins et spécialistes pour leur aide en me fournissant les ressources et les informations nécessaires.

Enfin et surtout, je tiens à remercier sincèrement ma mère, mon père et mes sœurs pour leurs prières et leur amour infini, ainsi qu'à mes frères et mes amis qui m'ont apporté un précieux appui intellectuel et moral.

À tous, merci beaucoup...

INTRODUCTION

La première définition de l'informatique ubiquitaire est apparue dans les années 1991. À cette époque, Mark Weiser imaginait un jour où *"the technologies disappear and weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it"* [1]. L'informatique ubiquitaire est une nouvelle vision pour les systèmes informatiques, qu'elle vise à permettre aux utilisateurs d'accéder aux ressources partout et à tout moment. De nos jours, cette vision pourrait bien devenir une réalité avec le développement spectaculaire de la technologie des semi-conducteurs, et l'émergence de dispositifs miniatures performants [2].

Les applications d'informatique ubiquitaire sont déployées dans un nombre croissant de domaines, notamment la sécurité, les soins de santé, l'éducation, les services sociaux, la durabilité, et l'administration de l'énergie [3]. La présente thèse porte sur les soins de santé. Plus précisément, elle se concentre sur les nouvelles solutions que l'informatique ubiquitaire peut apporter au système de santé existant.

À présent, le système médical traditionnel adopte toujours un modèle de soins centré sur les hôpitaux. Cependant grâce aux innovations numériques, l'informatique ubiquitaire permet de créer un modèle cohérent centré sur le patient pour fournir des soins de santé personnalisés de manière transparente. Cette approche pourrait significativement contribuer à faire évoluer le secteur de la santé [3], par exemple, l'informatique ubiquitaire qui intègre la télésurveillance pourrait renforcer les services de soins à domicile pendant la transition d'un patient de l'hôpital à la maison. Donc, l'hôpital pourrait libérer le patient plutôt, ce qui diminuerait le fardeau des patients stables, et réduirait les hospitalisations et les visites périodiques, surtout dans les établissements de santé surpeuplés. L'informatique ubiquitaire faciliterait aussi l'extension des services de soins de santé aux zones isolées, évitant ainsi le besoin de locaux médicaux coûteux. Elle pourrait également être utilisée comme un outil de diagnostic, suivi et traitement préventif, curatif ou palliatif.

Motivations

Le secteur de la santé est confronté à certains défis. Le vieillissement de la population et la propagation des maladies chroniques font augmenter le nombre de personnes qui auront besoin de soins et d'assistance [4]. L'occurrence fréquente des erreurs médicales et la pénurie de médecins spécialistes, en particulier dans les zones rurales et les zones urbaines mal desservies, constituent un autre problème très courant dans les centres de santé actuels. Les patients qui souffrent de troubles chroniques tels que la MPOC, diabète, ou l'épilepsie, etc. ont besoin souvent d'une intervention rapide pour limiter et prévenir les complications éventuelles. Cependant ceci n'est pas possible par les infrastructures existantes [4]. En outre, la stratégie de suivi et d'évaluation continue représente aussi un défi majeur pour le système traditionnel.

Les études récentes suggèrent que l'informatique ubiquitaire est capable de répondre seule à la plupart de ces besoins [5]. Le déploiement des réseaux sans fil à grande échelle améliorera la communication entre les patients et les professionnels des soins [6]. L'environnement ubiquitaire permet de fournir des informations médicales précises à tout moment et en n'importe quel endroit, réduisant ainsi les erreurs médicales et la nécessité de la présence physique des médecins [7]. Sur le plan économique, cette technologie contribue à réduire les coûts thérapeutiques à long terme et à améliorer la qualité des services de santé existants tout en offrant un ensemble de nouveaux services adaptés aux besoins de chaque patient [8].

Loin des discours d'informatique ubiquitaire, permettez-moi de vous raconter une expérience personnelle qui m'a grandement touché. Il y a deux ans, un voisin qui avait environ 60 ans et était affecté par MPOC nous a rendu visite ; il portait avec lui sa bouteille d'oxygène qu'il ne le quittait jamais. Il a été très heureux d'apprendre que je travaillais sur un projet qui améliorerait la vie des patients souffrant de MPOC. Il m'a alors demandé : "est-ce que je

pourrai quitter la maison quand je voudrai ? J'en ai marre de cette grande prison". Malheureusement, il est décédé l'année dernière. Des millions de personnes comme lui souffrent encore et veulent tout simplement vivre une vie normale et autonome. Donc, nous nous attendons à ce que l'informatique ubiquitaire aille permettre aux personnes atteintes de maladies chroniques de se déplacer librement et d'avoir plus de contrôle sur leur vie.

Définition de la problématique

Les maladies chroniques sont des maladies de longue durée qui évoluent progressivement, ne disparaissent pas spontanément, et ne peuvent généralement pas être traitées complètement [8]. Les maladies chroniques se réfèrent normalement aux maladies dégénératives aux conséquences irréversibles comme le cancer, le diabète, les maladies cardiovasculaires, l'hypertension artérielle, la maladie d'Alzheimer, les maladies respiratoires chroniques, et les maladies musculosquelettiques. La prévalence des maladies chroniques est en hausse constante, en raison de la croissance démographique, ainsi que du vieillissement de la population, permis, à son tour, par les progrès significatifs des moyens de diagnostic et thérapeutiques. Selon les projections, d'ici 2020, les maladies chroniques représenteront près des trois quarts des décès dans le monde [9]. Les personnes touchées par telles maladies ont besoin de traitements à long terme sous la surveillance continue de différents fournisseurs de soins de santé (infirmières, médecins, membres de la famille, prestataires de services sociaux), ce qui est coûteux en temps et en argent, et pose de nouveaux défis aux organisations de soins de santé [10].

La maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) est une maladie respiratoire évitable et maitrisable. Les personnes atteintes de la MPOC ont de la difficulté à respirer, ce qui peut entraîner un essoufflement et une sensation de fatigue [11]. Au début de la maladie, les personnes atteintes de la MPOC peuvent se sentir essoufflées lorsqu'elles font de l'exercice physique. Au fur et à mesure que la maladie avance, le patient peut avoir des difficultés à

expirer ou même à inspirer. La personne atteinte d'une MPOC présente une de deux conditions - bronchiolite obstructive ou d'emphysème - ou une combinaison des deux.

En 2014-2015, le taux de prévalence de la MPOC au Canada était de 11,8%, alors que le nombre de patients augmente constamment depuis 20 ans. [12]. Le contrôle insuffisant de la MPOC a de grandes répercussions sur la santé, la qualité de vie des patients, les coûts et la performance du système de santé canadien. Les statistiques les plus récentes sur les hospitalisations au Canada [13, 14] indiquent que le coût économique total de la MPOC s'élève à plus de 1,5 milliard de dollars pour des dépenses directes telles que les consultations, les visites à l'urgence et les hospitalisations, tandis que les coûts indirects (invalidité) atteignent 1,8 milliard de dollars.

Vivre avec MPOC change nombreux aspects de la vie. En plus de la douleur physique, les contraintes de mouvement augmentent la souffrance et rendent la vie quotidienne plus difficile. Une telle maladie limite dramatiquement les choix liés au mode de vie, de ce que le patient peut faire, où il peut se rendre et ce qu'il mange. Les patients atteints de la MPOC peuvent être privés de simples activités, telles que faire une promenade, du sport, participer à un barbecue, prendre l'avion, etc., car se soumettre à des conditions inappropriées pourrait mettre leur vie en danger [15]. Les fonctions physiques des patients atteints de la MPOC sont extrêmement sensibles à de nombreux facteurs. Par exemple, le système respiratoire a besoin d'une certaine proportion de dioxygène, à condition que la composition chimique de l'air conserve ses propriétés appropriées, en termes de ratios de diazote, argon, et dioxyde de carbone. Les voies respiratoires doivent être tenues à l'écart des infections bactériennes, du froid, de la chaleur, de l'humidité, et des divers types de pollutions atmosphériques, tels que, l'ozone, les particules, le soufre, le dioxyde, l'acide sulfurique, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, le gaz d'échappement diesel, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, etc. [16]. Les signes vitaux sont directement influencés par les conditions externes, la pression atmosphérique et la température qu'impactent la quantité d'oxygène dans le sang, la pression

du sang, le rythme cardiaque, et le taux de respiration, la pression partielle d'oxygène, et la pression partielle du gaz carbonique [17]. Par conséquent, le patient ne se sent pas en sécurité en dehors du domicile, car tout déséquilibre peut conduire à de mauvais résultats. En outre, le patient souffrant de la MPOC doit être prudent dans son choix d'activités quotidiennes, car l'effort physique peut influencer négativement la plupart des paramètres vitaux de son corps ; par exemple, le patient peut craindre même monter les escaliers par peur d'une rechute [18].

La gestion de la MPOC vise principalement à mieux maîtriser la maladie le plus longtemps possible, à sélectionner les médicaments appropriés, à réduire la toxicité et la comorbidité, à prévenir l'irritation des voies respiratoires ou des lésions pulmonaires et à éviter les symptômes associés à la poussée [19, 20]. Les spécialistes conviennent que la gestion optimale de la MPOC comprend trois aspects principaux :

1. Éviter les facteurs de risque connus
2. Élaborer un plan de traitement personnalisé et adapté à la condition du patient
3. Prédire les exacerbations aiguës

Ces objectifs se répartissent naturellement en deux grands titres : les mesures de prévention et les mesures de contrôle. À priori, il faut protéger le patient contre les facteurs de risque évitables, qu'ils soient physiques ou environnementaux. Deuxièmement, il faut suivre les caractéristiques biologiques de la maladie et tous les paramètres pertinents afin d'évaluer le traitement et prévoir le risque d'exacerbation.

La MPOC évolue lentement avec le temps, tandis que l'exposition aux facteurs de risque peut entraîner une aggravation des symptômes pulmonaires [21]. Le développement de la MPOC est influencé par des facteurs environnementaux. Le tabagisme et l'exposition professionnelle à la vapeur, à la poussière, aux gaz et aux émanations sont des facteurs de risque majeurs de la MPOC [22]. Les facteurs météorologiques, tels que la température,

l'humidité, la pression, la vitesse du vent, l'ensoleillement et les précipitations sont d'autres facteurs de risque importants [23]. La pollution de l'air extérieur augmente le nombre d'hospitalisations liées à la MPOC et constitue un déclencheur d'exacerbation et de mortalité [24]. La pollution de l'air intérieur causée par l'utilisation de l'énergie de la biomasse est également un facteur de risque de la MPOC, en particulier pour les femmes des pays en développement [25]. Ces facteurs devraient être étudiés de façon plus approfondie pour le diagnostic, la gestion et la prévention de la MPOC. L'identification des risques d'exposition potentiels facilitera les efforts pour enrayer la progression de la MPOC et pour comprendre les mécanismes physiologiques de la maladie.

Au moment d'écrire ces lignes, il n'existe aucun traitement curatif pour les maladies chroniques touchant les voies respiratoires inférieures, les traitements existants servent à ralentir leur progression, réduire les complications, et améliorer la qualité de la vie [26]. Il y a différents traitements de la MPOC et le choix du traitement dépend du degré de sévérité de la maladie [27]. Dans la plupart des cas, il y a un écart important entre les recommandations des lignes directrices et la pratique clinique lors de l'évaluation de l'efficacité d'un médicament en situation réelle, car les lignes directrices sont principalement basées sur les résultats d'un essai randomisé contrôlé ou comparatif (ERC), et il est souvent difficile à les généraliser, sans prendre en considération le profil du patient [28,29,30]. Habituellement, le processus de traitement établit un mécanisme conventionnel pour garantir que le traitement appliqué est suffisamment efficace, tout en minimisant l'apparition d'effets secondaires indésirables, cela se fait actuellement en surveillant le patient après les premières doses et en évaluant sa réponse aux médicaments [31]. Les patients atteints de la MPOC sont traités initialement par un médicament de choix du traitement préliminaire, puis le plan de traitement peut être prolongé ou modifié en fonction de l'absence ou de la persistance des symptômes. Pourtant dans un problème de santé aussi dangereux, cette méthode peut avoir un impact grave sur les patients, car une sélection de médicaments inappropriés à des fins thérapeutiques aggraverait la situation et accélérerait la transition vers le stade suivant de la maladie, ce qui

aggraver à son tour la morbidité et l'incapacité [32]. Nous avons donc besoin d'une technique qui permet d'évaluer le traitement le plus rapidement possible.

Comme mentionné précédemment, l'informatique ubiquitaire contextuelle est capable de fournir un schéma de solution intégrée pour certaines maladies qui nécessitent un suivi constant, 24 heures sur 24. Cependant, cette solution est encore pratiquement non-applicable en raison de nombreux défis. Dans le cas des applications médicales, trois problèmes fondamentaux se posent au niveau de l'informatique sensible au contexte.

En premier lieu, la problématique de la définition du contexte refait surface à nouveau dans une version plus complexe. Plusieurs définitions du terme contexte ont été proposées. Pourtant, aucune d'entre elles n'a été en mesure de répondre aux besoins [33] du domaine médical, soit parce que la définition est trop vague ou trop générale, soit parce qu'elle est trop spécifique.

Le second problème, encore plus important, est celui qui a trait la représentation du contexte. La modélisation, la représentation et l'utilisation du contexte constituent le grand défi de cette nouvelle conception de systèmes d'information, notamment lorsque nous sommes confrontés à des problèmes très complexes, à une base de connaissances étendue telle que celle trouvée dans la MPOC.

Le troisième problème est lié à la stratégie d'adaptation au changement dans un contexte d'intervention. L'adaptation au contexte médical soulève de nouveaux défis pour le développement des applications contextuelles. Par exemple, comment organiser les informations du contexte dans un environnement hautement dynamique et distribué, comment adapter les services de soins de santé aux différents profils des patients, comment les applications peuvent faire face aux scénarios de danger déterminés et tirer pleinement parti des contraintes de protection. Les mesures d'adaptation devraient pouvoir fournir des solutions appropriées aux questions ci-dessus.

Objectifs

Le suivi médical à distance est un moyen efficace pour mieux gérer les symptômes de maladies chroniques sans sacrifier la qualité de vie [34]. Notre objectif ultime est de mettre en place un système de surveillance intelligent, d'utiliser la technologie sans fil pour connecter les patients aux soignants, de détecter les risques potentiels, d'assurer l'observance thérapeutique et la favorise des choix plus sains en matière d'alimentation et d'activité physique pour les patients atteints de la MPOC. En d'autres termes, notre but est de donner aux patients les moyens de gérer leurs conditions, de devenir des participants actifs dans leurs propres soins de santé et de réduire le nombre de réadmissions d'urgences imprévues à l'hôpital. En outre, ces échanges réguliers d'informations permettent aux pneumologues d'ajuster les traitements en fonction des besoins. Contrairement aux projets traditionnels, nous cherchons à fournir un guide personnel à chaque patient afin de les aider à vivre avec leurs conditions. La surveillance continue de l'état de santé va contribuer à :

- Prévenir les complications
- Éviter les facteurs de risque
- Améliorer la qualité de vie du patient
- Réduire le taux de visites à l'hôpital
- Favoriser la collaboration entre les patients et les fournisseurs de soins de santé

Les soins de santé ubiquitaire sont devenus l'un des domaines de recherche les plus importants en raison de leur capacité à surmonter les défis rencontrés dans les systèmes de soins de santé traditionnels. Certains peuvent s'interroger sur le secret du succès de cette technologie dans le développement de l'informatique médicale. En un mot, le contexte est la clé magique de cette évolution exceptionnelle. Le contexte est l'épine dorsale de l'informatique

ubiquitaire. Notre proposition tente de construire un système de télésurveillance pour les patients atteints de MPOC en tenant compte de toutes les informations contextuelles ce qui permettra de personnaliser les services médicaux. Cette approche décrit les effets du contexte sur le patient et met en évidence les défis associés à la prévention de l'exacerbation aiguë.

Il est vrai que la bio-informatique et la biologie computationnelle ont contribué à résoudre plusieurs problèmes de santé, mais l'informatique médicale est encore dans ces balbutiements [35]. Par exemple, des dizaines de systèmes de télésurveillance ont été élaborés pour traiter la MPOC [36,37]. Certains de ces systèmes ont largement contribué à trouver des solutions qui rendent les patients moins vulnérables à la rechute, mais aucun de ces modèles n'étaient pas valide que pour les interventions en soins à domicile, tout en montrant des limitations en quant à l'applicabilité aux situations externes. L'objectif principal de ce projet consiste à concevoir et repérer un modèle intégré capable de répondre aux exigences de soins de santé ubiquitaire en termes de surveillance continue de l'état physique et des conditions ambiantes. Cette nouvelle proposition va permettre de réduire les facteurs de risque et elle pourrait fournir différents types de protection, de gestion, et de traitement en temps réel.

Quant au côté scientifique du projet, le but de ce travail est de construire et de valider un modèle basé sur une ontologie pour mettre en œuvre des services de soins de santé personnalisés en utilisant les informations du contexte. Dans ce travail, nous proposons un modèle contextuel pour la surveillance des patients atteints de la MPOC dans divers environnements. Ce modèle simule différents types de comportements, intérieurs et extérieurs, y compris différents facteurs contextuels déterminants, en plus des interactions médecin-patients.

En bref, ce projet aborde l'intégration de la technologie aux soins de santé d'une manière plus régulière et transparente dans la vie quotidienne des patients affectés par la MPOC. À cette fin, nous allons développer une structure orientée vers des services adaptée au contexte pour les systèmes de surveillance médicale dans un environnement changeant. Cette structure se repose sur un ensemble de capteurs physiques et virtuels, et elle est capable d'adapter dynamiquement son mode de surveillance en fonction du contexte du patient, de son profil, de sa localisation et de la nature des activités surveillées.

Méthodologie

Notre objectif porte en particulier sur la proposition d'une nouvelle structure intégrée pour appuyer le développement des systèmes de soins de santé sensibles au contexte et soutenir les personnes atteintes de la MPOC. Ceci comprend quatre étapes essentielles : premièrement, la reclassification du contexte dans le domaine médical, deuxièmement, la modélisation dynamique du contexte pour enrichir les téléservices médicaux personnalisés et améliorer la sécurité des patients à l'aide d'une approche ontologique, troisièmement, le raisonnement et l'adaptation des systèmes de soins de santé pour correspondre aux changements continus de l'environnement et aux contextes des patients, et quatrièmement, la validation.

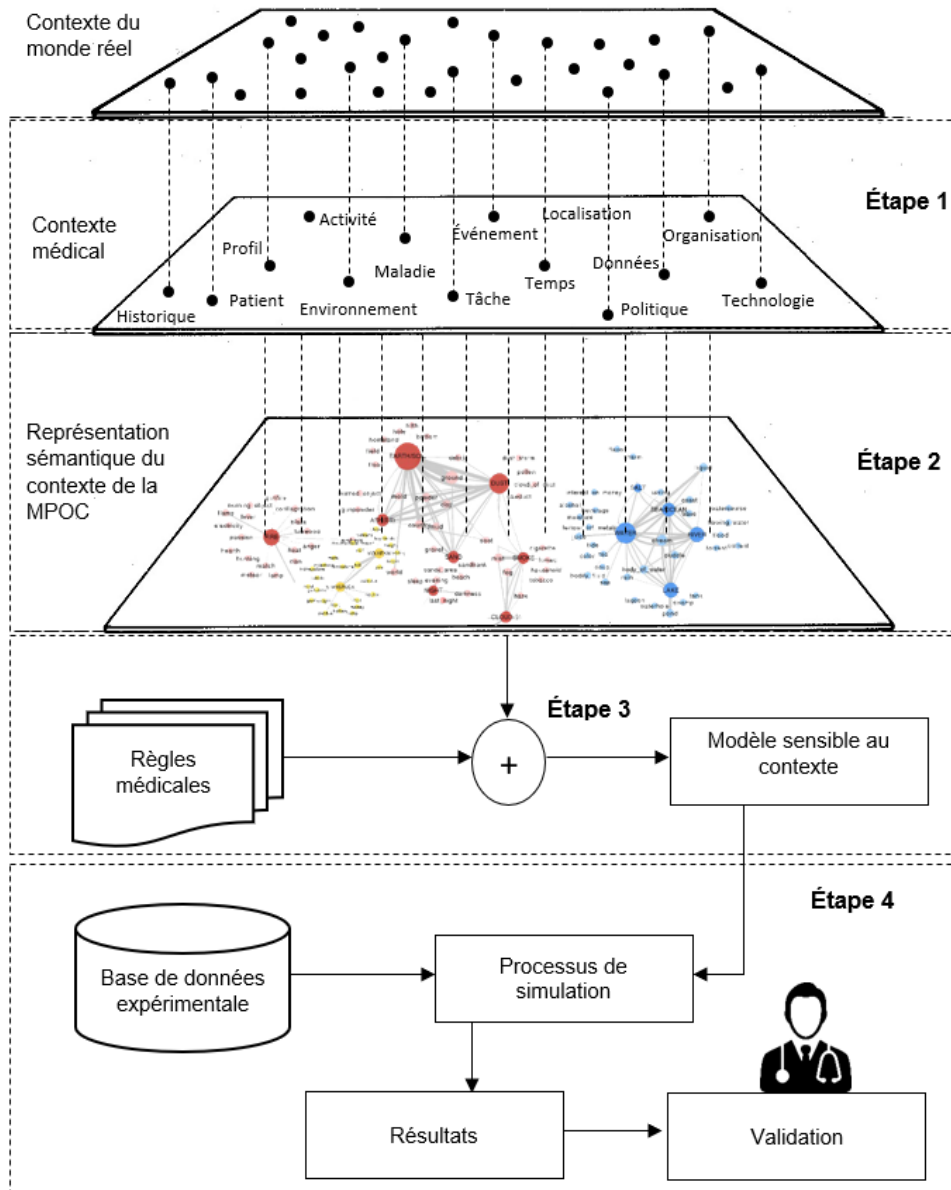


Figure : 1 Méthodologie de recherche

Étape 1 : Le premier défi concerne la forme générique et spécifique du contexte. Comme indiqué précédemment, le contexte est la pierre angulaire de la construction de systèmes informatiques ubiquitaire. Le contexte médical se caractérise par l'abondance et la diversité des domaines de connaissances. Pour traiter n'importe quelle maladie, nous devons comprendre ses caractéristiques physiques, le traitement, les méthodes de diagnostic, ainsi que les facteurs qui l'affectent, le comportement des patients, et comment gérer les situations

critiques. Donc, il est essentiel d'avoir en préalable une bonne perception du terme « contexte » dans le domaine médical. Cela nécessite une classification anatomique permettant de définir les principaux éléments du contexte. Cette classification doit offrir un haut niveau d'abstraction, aidant à la fois à interpréter le contexte médical de façon générale, et à trouver une spécification détaillée des certaines entités intéressantes. Elle doit tenir compte de la diversité du profil médical, des différents types de maladies, des effets de l'environnement sur la santé, le temps, et des limitations en quant à l'activité physique, des événements, de la politique de gestion de l'information, des établissements de santé, et des équipements informatiques ainsi que des dispositifs médicaux. Par exemple, les facteurs aggravants la MPOC ont des formes différentes. Souvent, les symptômes sont directement liés à l'exposition aux facteurs de risque [38]. Le tabagisme est un facteur essentiel, mais il n'est pas le seul. L'exposition à la pollution de l'air, à la variation de température, à l'humidité, aux poussières industrielles, aux produits chimiques et aux gaz joue un rôle important dans la progression de la MPOC [39]. L'échelle psychologique, les caractéristiques démographiques et sociales, l'effort excessif et la comorbidité peuvent avoir un effet significatif sur la qualité de vie des patients atteints de la MPOC [40].

En revanche, les biomarqueurs caractérisent l'activité de la maladie, et sont utiles pour diagnostiquer et surveiller les processus de la maladie, la réponse au traitement et la prévision de l'exacerbation [41]. En termes simples, un biomarqueur est une caractéristique mesurable qui reflète la présence d'un problème de santé, tandis que des indicateurs de référence de l'activité, de l'état mental, et de l'environnement définissent les niveaux pouvant être dangereux pour un patient souffrant de la MPOC. Ainsi, nous devons comprendre le contexte entier de la MPOC : la vie du patient, les activités, les déplacements quotidiens, les capteurs, les types de risques, la corrélation entre les biomarqueurs putatifs et les variables susmentionnées. Il s'agit d'une étape cruciale pour déterminer les données nécessaires de notre proposition. Cette partie permettra d'avoir un aperçu des notions qui feront l'objet de la modélisation.

Étape 2 : Le deuxième défi important est la création d'une représentation formalisée du domaine cible avec un paradigme spécialisé décrivant des scénarios de vie réels, la maladie, les relations entre tous les facteurs de risque potentiels, le jeu de données de surveillance physique et le profil du patient. Ce modèle ouvre la voie à la prise de décisions, soit-il pour la sélection des méthodes de prévention ou pour la mise en œuvre du traitement. Ces efforts visent à construire des modèles qui englobent toutes les connaissances liées à ce domaine pour rendre plus efficace la gestion de la MPOC. La dynamique du contexte médical tant au niveau physique qu'au niveau virtuel est liée au changement permanent des informations contextuelles. Chaque information aura un effet différent selon la nature des soins dispensés et les services établis. Ainsi, au cours de leur conception, les systèmes de soins de santé sensibles au contexte ont besoin des structures formelles, capables de gérer toutes les informations nécessaires pour représenter tous les scénarios possibles.

De nombreuses approches ont été proposées pour décrire le contexte. Une de ces approches est l'ontologie. L'ontologie est l'un des meilleurs mécanismes de formalisation utilisés récemment. L'ontologie est une architecture de représentation de haut niveau, qui fournit un cadre formel pour représenter les connaissances liées à un domaine complexe, en tant que modèle qualitatif [34]. Les ontologies peuvent être utilisées pour illustrer la structure d'un domaine en définissant les concepts et les propriétés. Notre objectif principal est de développer un modèle ontologique abstrait, dans une certaine mesure, mais destiné à représenter les informations contextuelles des maladies chroniques pour faciliter la gestion informatisée des données d'observation. Une telle ontologie définit les termes et les relations qui permettent de visualiser les aspects physiques, mentaux et environnementaux de la MPOC. Cette ontologie sera principalement présentée aux applications médicales et servira à contrôler les informations contextuelles, mais le but ultime est de faire en sorte que les données contextuelles soient disponibles à tout moment et en tout lieu pour répondre aux besoins d'usage. Ainsi, notre modèle doit suivre la méthode d'abstraction extensive qui nous permet de comprendre le domaine et qui favorise la réutilisation de l'ontologie en séparant les concepts

et les terminologies fondamentaux. À la différence des modèles ontologiques existants, qui ont été développés selon des besoins très spécifiques ou très généraux, nous cherchons à établir un modèle distinctif pour qu'il puisse être réutilisé avec le moins d'effort possible dans n'importe quelle application dans le domaine médicale.

Étape 3 : L'un des principaux avantages des ontologies par rapport aux autres modèles de représentation est qu'il est possible d'extraire des connaissances qui n'ont pas été explicitement déclarées dans l'ontologie à partir de la connaissance déjà connue, en exécutant les instructions de raisonnement ontologique. Par conséquent, le raisonnement pourrait être défini comme un ensemble de processus permettant de déterminer des faits implicites à travers des faits explicitement énoncés. Mais, les ontologies sont utilisées pour exprimer des connaissances de manière statique. De plus, les langages sémantiques comme RDF et OWL ont beaucoup des limitations et restrictions dans certains genres d'expression. Par conséquent, généralement, les solutions développées cherchent toujours à combiner les connaissances ontologiques et dynamiques dans un modèle unique en ajoutant différents types de raisonnement.

Pratiquement, il existe plusieurs types de raisonnement, soit ceux qui sont basés sur des règles expertes, soit ceux qui sont utilisés dans les approches d'apprentissage automatique, en profondeur ou de reconnaissance statistique. L'apprentissage machine a envahi tous les domaines de recherche, mais certains d'entre eux, tels que le domaine médical, exigent un haut niveau de responsabilité, et donc de transparence, ce qui signifie que nous devons être en mesure d'expliquer les décisions et les prévisions de la machine et de justifier leur fiabilité. Cela nécessite une plus grande interprétabilité, et par suite nous devons comprendre le mécanisme sous-jacent aux algorithmes. Malheureusement, le mystère qui entoure l'apprentissage automatique n'est toujours pas résolu et beaucoup de décisions de la machine sont encore mal comprises. Le raisonnement non fondé sur les connaissances cliniques et expérimentales n'est pas largement appliqué au domaine médical [42], car ceci est

effectué dans ce qu'on appelle « boîte noire », ce qui signifie que les règles utilisées ne suivent pas la logique de la médecine ce qui réduit la fiabilité des résultats, d'un point de vue scientifique médical.

D'autre part, l'apprentissage en profondeur, ou l'apprentissage automatique en général, nécessitent d'immenses données d'entraînement pour fonctionner correctement dans ce genre de problèmes, sinon, la marge d'erreur sera très grande. En plus, certains types d'informations peuvent être difficiles à être converties en question de classification, ce qui ces approches traitent à faire [43]. Nous croyons pour notre part que la sensibilité des systèmes médicaux dans tout ce qui concerne les aspects de diagnostic et de protection exige que nous utilisions seulement les règles approuvées médicalement, en raison des obligations professionnelles et éthiques envers les patients. De plus, le raisonnement à base de règles mène à une codification des connaissances en des termes simples, familiers, et précis.

La troisième motivation de notre choix est la présence de mécanismes de raisonnement transparents qui nous permet d'accéder aux moyens d'inférence et nous fournit un module d'explication de leur fonctionnement et de leurs schémas de déduction. Dans les systèmes experts médicaux, les bases de connaissances viennent des sciences expérimentales et cliniques. Les experts spécifient toutes les étapes qu'il faut suivre pour prendre la décision et gérer les exceptions. Les systèmes à base de règles contiennent généralement une structure SI-ALORS qui relie le fait de la partie SI avec l'action dans la partie ALORS qui indiquent ce qui doit être mis en œuvre en fonction d'une situation. En revanche, le comportement, la reconnaissance d'activité et la localisation spatiale des patients peuvent être exprimés à travers l'une des méthodes d'apprentissage automatique, qui a prouvé son efficacité dans ce domaine. Par conséquent, ils peuvent être combinés pour générer de nouvelles connaissances et fournir des services personnalisés.

En dehors de ce contexte, nous concentrons nos efforts sur les règles médicales en tant que réaction naturelle. Dans ce travail, on a proposé un raisonnement basé sur les règles SWRL pour déduire des services instantanés et suggérer des recommandations personnalisées à chaque patient. Ces règles sont décrites en termes généraux. La combinaison d'ontologies avec les règles médicales prédéfinies va permettre de tirer les conclusions, l'identification, et l'évaluation des risques, et déterminer le seuil à partir duquel le déclenchement de l'alerte est pertinent à la consigne de surveillance afin de prévenir l'exposition à des conditions dangereuses. Ces règles peuvent être modifiées en fonction du profil de chaque patient et peuvent donc être utilisées pour fournir des services de soins personnalisés. En bref, traiter le problème de la MPOC nécessite une architecture émergente fondée sur le raisonnement par analogie. Loin des techniques prédictives, nous cherchons à percevoir le risque potentiel afin de fournir des interventions médicales précoces et à évaluer les plans de traitement au moyen de règles médicales traduites dans la forme stéréotypée des règles IF-THEN. Par conséquent, la formalisation sémantique des entités, associée à l'utilisation de moteurs d'inférence à base de règles, permet de concevoir un environnement intelligent pour améliorer l'autogestion, et de promouvoir des services de protection en temps réel contre les exacerbations.

Étape 4 : Le dernier défi de ce travail est la validation de concept. Le processus de validation a été mené sur deux échelles différentes, la première échelle concerne l'aspect technique, alors que la deuxième échelle mesure la faisabilité médicale du projet en examinant les résultats avec les experts.

Au premier niveau, nous allons développer une expérimentation contextuelle prenant en charge un patient souffrant de la MPOC, sous toutes les modalités afin d'optimiser le système de soins de santé actuel et la qualité de vie du patient pendant le traitement. Ce prototype est conçu pour contenir l'ontologie et les règles médicales pour fournir une solution efficace et flexible pour des services de surveillance personnalisés, en tenant compte de l'ensemble du contexte. Le module de surveillance de notre projet est subdivisé en deux : le

module interne et le module externe. L'unité interne est conçue pour surveiller uniquement les signes vitaux du patient, à l'aide de capteurs biomédicaux, tandis que la surveillance externe est destinée à capturer des éléments d'intérêt volatils et instables tels que la localisation, les changements dans des environnements, et l'activité. La mise en œuvre de cette tâche a nécessité la collecte de grandes bases de données contenant les activités quotidiennes, les conditions environnementales et les paramètres physiques. Au deuxième niveau, nous avons évalué les performances d'expérimentation en comparant les résultats obtenus avec les formulaires présentés aux pneumologues.

Contributions

Cette recherche contribue à identifier l'importance croissante des informatiques sensibles au contexte dans le domaine médical. Cette thèse s'inscrit dans le domaine de l'informatique ubiquitaire et les espaces intelligents. Notre objectif consiste à proposer un modèle basé sur l'ontologie, capable de répondre aux différents défis posés par le changement du contexte sur les patients de la MPOC.

Le présent travail prend son importance de sa structure modulaire et extensible, qui permet d'adapter de façon dynamique les services de surveillance dans un environnement intelligent. À ce niveau, nous pouvons souligner plusieurs contributions telles que :

1. Réalisation d'une étude comparative des modèles de représentation du contexte.
2. Proposition d'une nouvelle classification du contexte dans le domaine médical.
3. Développement d'une structure spécial-générique d'une ontologie pour modéliser les processus de soins de santé ubiquitaire; cette structure est conçue comme une représentation spéciale du domaine de la MPOC, mais elle sert également à décrire tous les concepts communs du domaine médical.

4. Proposition d'une stratégie de raisonnement composé, qui se repose sur une combinaison d'inférence ontologique et à base de règles pour suivre le contexte du patient.
5. Extraction des dizaines de milliers (20328) des règles médicales évolutives pour offrir des notifications et des recommandations aux patients ayant une MPOC.
6. Proposition d'un modèle de simulation multi échelles pour valider notre ontologie et effectuer une reconnaissance de contexte basée sur les profils, les activités, et les événements qui se déroulent à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison.

Structure de document

L'organisation de ce manuscrit est la suivante :

Les deux premiers chapitres feront l'objet d'une présentation de l'état de l'art, pendant que les trois derniers chapitres qui suivent sont dédiés à décrire le modèle proposé et les résultats obtenus.

Le premier chapitre a pour objectif de présenter le problème et les solutions informatiques existants. La première section de ce chapitre définit la maladie, les affections et les interventions possibles. La deuxième section décrit l'importance de contexte et son impact sur le domaine de la MPOC, tandis que la dernière section présente l'architecture ontologique d'un ensemble de systèmes sensibles au contexte.

Le deuxième chapitre est un article publié dans les actes de la 16e conférence sur la simulation informatique qui a eu lieu au Canada en 2016.

Ajami Hicham, Mcheick Hamid et Elkhaled Zayan. Survey of health care context models: prototyping of healthcare context framework. Dans : Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'16), July 24–27, 2016, Montréal, Québec.

Dans cet article, nous avons fait un survol sur les modèles de représentation existants. Ce chapitre examine en profondeur les avantages et les inconvénients de ces modèles, où nous avons établi un ensemble de critères de comparaison afin d'évaluer ces approches de représentation à différents niveaux d'efficacité.

Le troisième chapitre est un article publié comme parti de la série de livres notes de cours en informatique (LNCS, volume 10898).

Ajami H., Mcheick H., Saleh L. (2018) Categorization of the Context Within the Medical Domain. In: Mokhtari M., Abdulrazak B., Aloulou H. (eds) Smart Homes and Health Telematics, Designing a Better Future: Urban Assisted Living. ICOST 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10898. Pages 85-97 Springer, Cham, Singapore.

Dans cet article, nous avons conduit une étude sur la plupart des travaux qui ont essayé de classifier le contexte. Nous avons présenté et analysé le développement de ces classifications mettant en évidence les problématiques à surmonter pour parvenir à mettre en place une classification plus réaliste et efficace. Nous avons aussi proposé une nouvelle catégorisation multidimensionnelle composée de 14 entités. Cette catégorisation permet de mieux cerner le contexte en prenant en considération notamment les besoins d'utilisation dans le domaine médical.

Le quatrième chapitre est un article publié dans le journal « Electronics ».

Ajami H, Mcheick H. Ontology-Based Model to Support Ubiquitous Healthcare Systems for COPD Patients. Electronics. 2018; 7(12):371.

Dans cet article, nous avons proposé une représentation de connaissances ontologique énorme capable de gérer le contexte médical, ainsi que de fournir un service de santé ubiquitaire aux patients MPOC. Cette étude a mené à une exploration détaillée de la manière dont les structures sémantiques pourraient être utilisées pour créer un référentiel de connaissances d'ontologies afin de fournir des soins de santé ubiquitaire. Cet article porte sur les méthodologies des œuvres ontologiques dans le domaine médical, où nous avons passé

en revue les types d'ontologie et comment les construire, ainsi que les critères d'évaluation, et les stratégies de maintenance et de développement. En revanche, la nouvelle contribution de notre travail réside dans l'approche de surveillance centrée sur le patient, alors nous avons créé des services de protection adaptatifs et dynamiques en fonction du contexte interne ou externe du patient.

Le cinquième chapitre est un article publié dans le journal « Diagnostics ».

Ajami, H.; Mcheick, H.; Mustapha, K. A Pervasive Healthcare System for COPD Patients. Diagnostics 2019, 9, 135.

Dans cet article, nous cherchons à prouver le modèle proposé en utilisant une nouvelle méthodologie de validation. Dans ce travail, nous allons au cœur de la couche d'inférence, où nous expliquons en détail les méthodes d'extraction des règles médicales des différents événements contextuels. Cet article montre aux lecteurs les limites de sécurité de paramètres vitaux au cours des différentes activités de la vie quotidienne, et il interprète soigneusement les conditions environnementales, internes et externes, qui conviennent à chaque type de patient selon son profil médical. En outre, à la deuxième section, l'article explique les moyens de collecter et de créer les données dont nous avons besoin pour traduire le concept de réalité simulée, qui garantit un haut niveau de réalisme des scénarios mis en œuvre, ainsi que la non-contradiction entre les informations diffusées lors de la simulation. L'article conclut que le modèle proposé a une incidence sur l'amélioration de la qualité de vie des patients atteints de la MPOC. Cette hypothèse a été testée empiriquement par les auteurs, qui ont utilisé la double procédure de la vérification, soient avec les bases de données ou soient avec les experts. Les résultats de notre recherche révèlent que le système sensible au contexte est capable de changer la forme des services médicaux et les rendre à la fois plus efficaces et moins coûteux.

Enfin, le sixième chapitre synthétise les idées principales de notre projet. Nous rappelons tous les points essentiels, alors que nous passons en revue les objectifs, les buts

atteints, et les résultats positifs qui vont nous permettre de poursuivre notre contribution. Dans la dernière section, nous expliquons les perspectives envisagées pour les futurs travaux.

CHAPITRE 1

REVUE CRITIQUE DES PROBLÈMES DE MPOC ET DES SOLUTIONS EXISTANTES

1.1 Introduction

Malgré les progrès remarquables dans la recherche médicale, la science est toujours incapable de faire face aux maladies chroniques. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 63% du nombre annuel de décès sont attribuables aux maladies chroniques [1]. Les maladies chroniques sont des maladies non transmissibles (par ex. le cancer, la MPOC, l'arthrite, l'asthme, le diabète) qui persistent sur une longue période et qui peuvent être traitées, mais non guéries.

Selon les prévisions de 1997, la MPOC était prévue de devenir la troisième maladie la plus mortelle dans le monde d'ici 2020 [2], mais contrairement à toutes les attentes, la MPOC est devenue la troisième cause de décès en 2010 [3]. Le taux de la maladie a atteint des niveaux dangereusement élevés au cours des deux dernières décennies. Le nombre de patients est passé de 62 millions à 200 millions entre 2002 et 2010 [4]. Cela représente un défi de taille pour le système de santé en termes de coûts et de performances. Aux États-Unis, le coût économique total de la MPOC est estimé à environ 32 milliards de dollars pour les dépenses directes et à 20,4 milliards de dollars pour les dépenses indirectes [5]. Outre les aspects économiques, la MPOC impose un lourd fardeau psychologique, physique et social aux patients et aux soignants.

1.2 Maladie pulmonaire obstructive chronique

La communauté médicale a défini la MPOC comme une maladie pulmonaire qui englobe la bronchite chronique et l'emphysème. Les patients atteints de bronchite (figure 2) ont des toux chroniques et des infections pulmonaires fréquentes, leurs voies respiratoires sont enflammées et produisent deux différentes sécrétions visqueuses et translucides. Dans le cas de l'emphysème (figure 3), les voies respiratoires et les alvéoles sont endommagées et les poches d'air perdent leur forme et leur élasticité [6]. Lorsque les cellules sont endommagées, les poumons deviennent incapables d'extraire l'oxygène de l'air inhalé pour qu'il soit ensuite distribué dans le corps. Au fil du temps, les voies respiratoires des patients atteints de MPOC se bloquent de manière permanente [6]. De nombreux facteurs contribuent au développement de la MPOC, le tabagisme est la principale cause de la maladie, mais la mauvaise alimentation, l'exposition aux polluants, et les caractéristiques génétiques sont également des causes qui peuvent conduire au développement d'une MPOC.



Figure : 2 La bronchite
Source : [6]

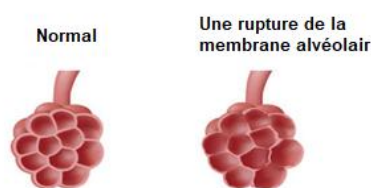


Figure : 3 Emphysème
Source : [6]

La MPOC est une maladie pulmonaire complexe ayant des effets extra pulmonaires. Ces troubles systémiques ont un autre impact sur le corps humain [7]. Les patients atteints de MPOC peuvent présenter des anomalies nutritionnelles, un dysfonctionnement des muscles squelettiques, un risque de comorbidités chroniques et anomalies neurologiques, en plus du déclin de l'état mental [8]. Le contrôle réussi de la MPOC devrait prendre en compte tous ces effets pour améliorer l'état de santé et le taux de survie. Ces implications peuvent être divisées en 5 catégories principales :

1.2.1 MPOC et malnutrition

La malnutrition est un problème grave et fréquemment rencontré chez les patients atteints de MPOC. Plus de 20% des patients présentent une perte de poids inexplicée, des modifications de l'apport en protéines et en calories [9]. Cette anomalie nutritionnelle contribue de manière significative à l'altération du dysfonctionnement du muscle respiratoire, à l'augmentation de la gravité de la maladie et à la prévalence de l'invalidité. Les études de recherche à cet égard recommandent d'évaluer l'état nutritionnel et de mettre l'accent sur l'importance de conseils nutritionnels individualisés en fonction des besoins des patients atteints de MPOC [10, 11]. Par exemple, une intervention nutritionnelle doit avoir lieu si une perte importante de masse corporelle est détectée. Les interventions nutritionnelles sont également recommandées pour atteindre un poids idéal, parce que la perte de poids pourrait accélérer le déclin de la fonction pulmonaire. En outre, les régimes riches en glucides et un apport calorique extrêmement élevé devraient être minimisés afin de réduire les risques de production excessive de CO₂, et l'épaississement du diaphragme [12].

1.2.2 MPOC et comorbidités

La MPOC peut affecter progressivement les fonctions des autres organes internes. Ces perturbations pourraient provoquer des conséquences encore plus sévères telles que les comorbidités multiples [13]. Les comorbidités les plus courantes sont : cardiovasculaires, hypertension artérielle, diabète sucré, pneumonie, anémie, asthme, problèmes neurologiques et vasculaires, anomalies musculaires et squelettiques, ainsi que le cancer du poumon. Les maladies psychiatriques comme la dépression et les troubles anxieux ont également été inclus dans les principales comorbidités associées à la MPOC [14,15]. Chez les patients âgés, ou qui ont un stade avancé de la MPOC, les comorbidités sont associées à une mortalité plus élevée, à une faible adhésion aux interventions thérapeutiques et à une qualité de vie réduite [16]. Les comorbidités sont de plus en plus reconnues comme des déterminants importants de la gestion

et du pronostic de la MPOC. En partant sur cette base, des recherches récentes ont suggéré que le contrôle et la gestion de cas de maladies pulmonaires chroniques nécessitent de suivre d'autres indicateurs biologiques pour éviter les comorbidités autant que possible [17].

1.2.3 MPOC et activités physiques

La MPOC est une maladie débilitante qui limite la fonction physique. Des symptômes tels que la dyspnée et la fatigue musculaire se traduisent par une intolérance à l'exercice et un déficit à l'effort. L'inactivité physique est un facteur prédictif important des résultats de la MPOC [18]. Le manque d'activité est associé à des résultats cliniques défavorables, où le faible effort physique est lié à un risque plus élevé d'exacerbation et d'hospitalisation [19] chez les patients atteints de MPOC. L'augmentation des niveaux d'activité est cruciale pour des stratégies de gestion efficaces et pourrait conduire à de meilleurs résultats à long terme. Cependant, on ignore actuellement quelles sont les limites maximales pour différents types d'activités avec tous les stades cliniques de la maladie. La relation entre l'activité physique et les caractéristiques cliniques reflète la gravité de la maladie, telle que le degré d'obstruction des voies respiratoires, le degré de dyspnée et les stades cliniques de la MPOC.

1.2.4 MPOC et traitement

Jusqu'à présent, il n'existe aucun traitement curatif pour le MPOC, les traitements médicamenteux existants peuvent soulager les symptômes, réduire les complications, diminuer la fréquence et la gravité des exacerbations et améliorer l'état de santé et la capacité d'exercice [20]. Dans la plupart des cas, il y a un écart important entre les recommandations des lignes directrices et la pratique clinique lors de l'évaluation de l'efficacité d'un médicament en situation réelle. En conséquence, la question qui se pose est de savoir comment adapter les médicaments aux besoins individuels. Selon le GOLD : Chaque régime de traitement pharmacologique doit être adapté au patient, en fonction de la gravité des symptômes, du

risque d'exacerbations, de comorbidités, et de la réponse aux médicaments [21]. Ceci peut être au moins partiellement réalisé en utilisant une surveillance à distance, dans le but d'ajuster le traitement, ou fournir les soins et conseils personnalisés aux patients. Par exemple, dans la MPOC stable, une augmentation du FEV1 après un essai thérapeutique de corticostéroïdes pendant plusieurs jours est souvent considérée comme une indication d'utilisation régulière de ces médicaments [22].

1.2.5 MPOC et exacerbations

Les exacerbations de la MPOC se définissent comme une aggravation durable de l'état du patient au-delà des variations quotidiennes et qui peuvent également nécessiter un changement de traitement ou une hospitalisation [23]. Les exacerbations sévères ont un effet négatif sur les patients en termes de mortalité, de qualité de vie liée à la santé et de dégradation de la fonction pulmonaire. Les patients présentant des exacerbations se manifestant par une hypoxémie, une acidose respiratoire aiguë, des troubles du rythme cardiaque, une aggravation de l'insuffisance respiratoire, doivent être admis en l'unité de soins intensifs [24]. Les facteurs de risque le plus courants de l'exacerbation sont : les infections bactériennes et virales, les expositions au tabac [25] et à certaines poussières et vapeurs, ainsi que les conditions météorologiques extrêmes, et la mauvaise qualité de l'air [26]. La prévention des exacerbations est l'un des principaux objectifs du traitement. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de comprendre les facteurs de risque, de connaître les signes et les symptômes et d'avoir un plan d'action en place.

1.3 Dispositifs et technologies existants

En règle générale, les patients atteints de MPOC sont considérés comme des patients externes qui se rendent régulièrement dans les centres de santé à des fins de diagnostic ou de traitement. Des études préliminaires sur la pratique clinique et les comportements en

matière de santé publique montrent que les plateformes de surveillance à distance peuvent améliorer la qualité de vie des patients et réduire les dépenses de santé nationales [27, 28]. Cette technologie aide les médecins à assurer la continuité des soins aux patients atteints de maladies chroniques. La surveillance à distance n'est pas nouvelle, mais elle n'est pas largement utilisée dans le domaine de la MPOC, car la technologie de capteurs portable n'a été dédiée à la tâche médicale que récemment. Au cours des dernières années, les solutions de surveillance à distance ont connu une croissance significative. De nombreux nouveaux dispositifs et biocapteurs ont vu le jour et ont été intégrés aux soins du patient souffrant de MPOC. Ces types d'équipement peuvent être utilisés pour suivre les paramètres physiologiques, les changements de comportement et les variables environnementales.

Il existe des centaines de projets de surveillance intéressants qui abordent les problèmes liés à la MPOC [29]. Un des premiers projets de surveillance de la MPOC a été développé par Finkelstein [30]. Le projet est un outil qui envoie la saturation en oxygène et le rythme cardiaque aux spécialistes. Smith [31] a proposé un plan dans lequel l'infirmière rend visite à des patients munis de ses dispositifs médicaux. Huniche [32] a présenté un système de télé soins à domicile pour les patients souffrant de douleur chronique, surtout la MPOC. Ce système a utilisé trois sortes d'intervention centrée sur les patients, les professionnels et l'organisation des soins, pour activer le concept d'autonomisation. Dans un travail similaire, Kuilboer [33] a présenté une bonne tentative pour aider les prestataires de soins à traiter les patients atteints d'asthme ou MPOC. Le but de son étude était d'évaluer la possibilité de générer une rétroaction spécifique au patient sur la base de données régulièrement enregistrée.

La télémédecine dans la MPOC a fait l'objet de nombreux projets d'intervention précoce tels que celles menées par Usden [34], et Blumenthal [35]. Ils s'agissent de systèmes de surveillance pour assurer la continuité des soins de santé à domicile. Dans ces deux propositions, les capteurs sont connectés aux patients afin de mesurer leurs paramètres physiologiques. Usden [34] a créé un système d'intervention pour faciliter la détection et le

traitement de l'aggravation des symptômes. Par conséquent, Usden et al. [34] ont élaboré les stratégies d'intervention pendant une situation d'urgence qui reposent sur une connaissance scientifique des menaces réelles pour les personnes atteintes de MPOC. Blumenthal et al. [35] ont évalué les effets d'une intervention téléphonique sur la qualité de vie psychologique et les hospitalisations et les taux de mortalité des patients MPOC. De manière identique, Trappenburg et al. [36] ont expliqué comment le patient répond manuellement aux questionnaires quotidiennement pour faciliter le suivi et améliorer l'autogestion. Trappenburg et al. [36] ont déterminé les effets de la télésurveillance à domicile sur la consommation et la qualité de vie liée à la santé chez les patients atteints de MPOC modérée et sévère.

La plupart des études qui s'intéressent à cette maladie ont surveillé les signes vitaux du participant pour prédire l'exacerbation de la MPOC. Par exemple, quatre projets [37-40] ont conclu à la possibilité que la fréquence cardiaque et le pourcentage de saturation d'oxygène SpO2 soient utiles pour détecter la détérioration de l'état de santé. Yanez et Martin [37,38] ont étudié les variations de la fréquence respiratoire avant les exacerbations. Yanez [37] a remarqué une augmentation de la fréquence respiratoire moyenne dans le 5 dernier jours avant l'hospitalisation en raison d'une exacerbation aiguë. En revanche, Martin [38] n'a observé aucun de changement significatif de la fréquence respiratoire avant l'hospitalisation. Dans le même contexte, Segrelles et Hamad [39, 40] ont évalué l'impact de la pression artérielle et la température corporelle en tant qu'indications d'exacerbations.

Les tests de la fonction respiratoire et en particulier la spirométrie sont utiles pour le diagnostic de la MPOC et l'évaluation de la progression de la maladie. Quelques études ont exploré l'utilité des variables de la fonction pulmonaire pour prédire l'exacerbation. Par exemple [41, 42] ont surveillé le débit expiratoire de pointe (DEP) et le volume expiratoire maximal en une seconde (VEMS) à différentes fréquences (par jour / par semaine) afin de prévoir les poussées de crise de MPOC. Granero et al. [43] ont démontré que les exacerbations de la MPOC pouvaient être détectées via la surveillance des bruits respiratoires du patient à domicile. Il a été demandé à chaque participant d'enregistrer chaque jour ses bruits

respiratoires en plaçant un microphone sur l'encoche supra sternale. Telekit est l'un des projets intéressants qui ont été utilisés dans l'essai de TeleCare North [44]. Il se compose d'un Samsung Galaxy, un tensiomètre numérique, une oxymétrie de pouls tactile, et une échelle de précision sanitaire. Le système peut collecter et transmettre une grande variété d'information ainsi que des réponses aux questions relatives aux exacerbations, aux symptômes et aux signes vitaux du patient.

Les patients atteints de MPOC ont un niveau d'activité physique très faible. La grande majorité des patients ne suivent pas les recommandations pour améliorer leurs capacités physiques. Pour cette raison, Demeyer et Franke [45, 46] ont mis au point des systèmes de surveillance pour fournir toutes les informations nécessaires à cet égard. Ces systèmes utilisent des questionnaires et des capteurs de mouvement, tels que des compteurs de pas et des accéléromètres pour atteindre leurs objectifs. Demeyer et al. [45] ont étudié l'efficacité d'une intervention semi-automatisée de télé coaching sur l'activité physique chez les patients atteints de la MPOC. Franke et al. [46] avaient deux objectifs de leur projet. L'objectif principal était d'étudier l'impact de la télésurveillance avec des appels téléphoniques durant les exercices quotidiens à la bicyclette. L'objectif secondaire était d'examiner l'amélioration potentielle de la qualité de vie et de l'activité physique liées à la santé par rapport au niveau de référence.

Un petit nombre de projets ont abordé la relation entre les conditions environnementales et les patients de MPOC. Magzamen et al. [47] ont évalué l'exposition à la pollution atmosphérique chez les patients atteints de MPOC grâce à l'utilisation d'une technologie de surveillance à distance. Dans [48], un système de télésurveillance à domicile a été mis au point pour évaluer les effets du stress thermique sur l'état clinique et fonctionnel des patients MPOC. Grâce à ces technologies, les patients peuvent suivre la qualité de l'air intérieur ou extérieur au quotidien, cela crée le potentiel de comprendre le lien direct entre les activités individuelles, les expositions environnementales et la santé des patients atteints de MPOC.

La MPOC a fait l'objet d'une série de projets de simulation. Les projets en cours dans ce domaine sont très nombreux, pour en nommer quelques-uns, la simulation pulmonaire développée dans le cadre du projet Synergy-COPD financé par le 7^e programme-cadre de la Commission européenne [49], cette plate-forme a adopté une approche dynamique visant à interpréter l'aspect macro fonctionnel interne du corps humain à l'aide de techniques physiologiques. Synergy-COPD explique l'effet d'un mauvais pronostic sur les phénotypes de la MPOC. Ceci est réalisé en simulant les fonctions de base des parties du corps humain par le biais de modèles informatiques qui fonctionnent à plusieurs niveaux différents, tels que les tissus, les organes et les sous-cellules.

Dans un contexte différent, Charfedine et al. [50] ont présenté un cadre générique à base d'agents en matière de prestation des soins de santé distribués. L'EPIC [51] est aussi un modèle de simulation d'événements discrets qui suit les individus de la naissance à la mort. Au fur et à mesure que les individus progressent dans le modèle, leur qualité de vie, leurs coûts et leurs mesures épidémiologiques simulés sont collectés. Le modèle peut être utilisé comme paradigme générique, normalisé et validé pour projeter le fardeau des maladies respiratoires à l'avenir et pour estimer le coût, l'efficacité et l'impact budgétaire de technologies de la santé concurrentes. Le Réseau canadien de recherche respiratoire [52], en partenariat avec l'association pulmonaire du Canada, et les IRS, tentera d'améliorer les soins prodigués aux patients atteints d'une maladie respiratoire chronique.

1.3.1 Comparaison des projets existants

Le tableau ci-dessous (tableau 1) présente une comparaison entre les solutions existantes liées à la MPOC. La gestion de nutrition, la prévention des comorbidités, le traitement, l'amélioration de l'activité physique, et l'exacerbation ont été considérés comme une référence pour évaluer l'importance de ces projets. Dans la comparaison ci-dessous, nous avons utilisé "√" pour définir les services pris en charge, tandis que nous avons utilisé "X" pour désigner les services non pris en charge.

Tableau 1 : Projets existants

Projets \ Services	Nutrition	Contrôle les Comorbidités	Traitement	Activités	Exacerbation
Finkelstein [30]	√	X	X	X	√
Smith [31]	X	X	√	X	X
Hunich [32]	√	X	X	√	X
Kuilboer [33]	X	X	√	X	X
Usden [34]	X	√	√	X	X
Blumenthal [35]	X	X	X	X	√
Trappenburg[36]	X	X	X	X	√
Yanez [37]	X	X	X	X	√
Martin[38]	X	X	X	X	√
Segrelles [39]	X	X	X	X	√
Hamad [40]	X	X	X	X	√
Hurst[41]	X	X	X	X	√
Burton[42]	X	X	X	X	√
Granero [43]	X	X	X	X	√
TeleCare North [44]	X	X	X	X	√
Demeyer [45]	X	X	X	√	X
Franke [46]	X	X	X	√	X
Magzamen [47]	X	X	X	X	√
Jehn [48]	X	X	X	X	√

Toutes ces propositions ne fournissent pas un cadre efficace pour résoudre toutes les implications de la MPOC. Finkelstein et al. [30] ont essayé de surveiller les paramètres vitaux, alors que Hunich et al. [32], Demeyer et al. [45], et Franke et al. [46] cherchaient à traiter les problèmes d'activité physique. Certains projets ont été largement intéressés par les plans thérapeutiques [31, 33, 34]. La plus grande part des projets sont axés sur l'exacerbation [35-44] où les auteurs ont travaillé pour trouver une méthode fiable et sans danger pour prédire l'exacerbation. En fait, les effets associés à la MPOC sont étroitement liés entre eux, par conséquent toute solution partielle ne donnera pas de résultats significatifs.

Au cours des dernières décennies, une nouvelle tendance est apparue dans les technologies de l'information. Divers systèmes de surveillance médicale cherchent à adopter l'informatique sensible au contexte pour améliorer le niveau de services. Dans la section suivante, nous allons parler de l'importance de contexte et son impact sur le domaine de la MPOC en particulier.

1.4 L'importance du contexte dans les soins de santé

Bien souvent, nous sommes incapables de comprendre les transformations physiques et biologiques qui se déroulent dans nos corps isolés de leurs contextes, même la mutation génétique est affectée par le contexte. L'utilisation du contexte a prouvé son efficacité dans beaucoup des systèmes de surveillance [53]. En plus de servir de guide au cours d'une situation d'urgence, le contexte peut aussi utiliser pour développer des stratégies de prévention et de détection pour limiter les risques.

Les travaux publiés dans ce domaine révèlent l'existence de certaines de projets qui dépend fortement sur le contexte cognitif [54]. Cette fonctionnalité a été appliquée à un grand nombre de projets hospitaliers tels que celui fourni par [53] qui traite l'influence de l'activité du patient, de l'environnement domestique et de la relaxation sur la progression de la tumeur cérébrale, ou celui proposé par Chapko [55] qui décrit le contexte d'activités physiques bénéfiques et sans danger pour les personnes qui souffrent d'insuffisance cardiaque. De même, Hernandez [56] a abordé la manière dont les patients gèrent leurs conditions en fonction de leur contexte quotidien, qui comprend leur situation socio-économique et leurs conditions de vie domestique et familiale. Bayliss [57] aussi s'est intéressé à l'influence des facteurs contextuels pour améliorer les soins de santé primaires avec les personnes souffrant de multiples maladies chroniques. Un autre travail important [58] a proposé une approche de diagnostic basée sur les informations contextuelles recueillies en analysant les habitudes de vie et l'état biologique des patients atteints de maladies chroniques. Tous ces projets visent à rendre les soins de santé plus durables, sûrs, et efficaces, ce qui se reflète positivement sur les perspectives de vie.

Le contexte fait désormais partie intégrante de sciences de l'informatique. En s'appuyant sur le contexte, vous pourrez toujours prendre les décisions qui s'imposent. Dans cette étude, nous ne nous intéressons qu'au contexte médical qui va changer la forme typique

de système d'aide à la décision. Le contexte médical est défini comme un groupe d'entités logiques et physiques qui nous permet de décrire le domaine médical dans tous ses détails, les maladies, les signes, les symptômes, les syndromes, les comorbidités et les problèmes sociaux, les profils, les activités, et les facteurs de risque, les traitements et les effets secondaires, les hôpitaux et les équipements, etc.

1.5 Contexte de la MPOC

Les données de la littérature suggèrent une association étroite entre la MPOC et les facteurs intrinsèques et extrinsèques. La progression de la maladie, les symptômes et la qualité de vie sont affectés par de nombreux facteurs environnementaux [59], démographiques [60], alimentaires [61], les activités réalisées [62], ainsi que les attributs physiques et psychologiques du patient [63]. Un certain nombre de facteurs environnementaux tels que les températures extrêmes et les conditions météorologiques peuvent provoquer une aggravation des symptômes de la MPOC [64]. Selon Kaptein [65], les températures froides et chaudes, en dessous de zéro et supérieures à 90 °F (32 ° C), sont très dangereuses. L'exposition à des polluants atmosphériques intérieurs ou extérieurs peut irriter les poumons et déclencher les signes d'intolérance [66]. Les allergènes internes et externes les plus courants et les plus toxiques sont l'inhalation de fumée secondaire, poussière, pollen, formaldéhyde, COV, herbicides, pesticides, odeurs d'usines industrielles ou de construction de routes, poêles à bois, foyers, monoxyde de carbone, produits biologiques et chimiques [67, 68]. Les chercheurs ont également constaté que l'anxiété, la dépression ou la combinaison des deux était significativement associée à une réponse médiocre au traitement dans un grand échantillon de patients atteints de MPOC [69]. En outre, selon deux enquêtes statistiques sur la MPOC [70, 71], les symptômes de maladie pulmonaire sont fortement liés aux caractéristiques démographiques des patients, telles que l'âge, le sexe, le pays, le niveau d'éducation, le niveau de revenu, l'état matrimonial et la profession. Dans une étude récente, Roche et al [72] ont conclu que, pour un âge et un niveau d'obstruction des voies respiratoires donnés, les femmes

atteintes de MPOC ont une intensité de dyspnée différente de celle des hommes. De même, il a été démontré que l'âge constituait un facteur de risque important de la MPOC selon les critères de diagnostic standard [73].

En fait, les données contextuelles (paramètres) relatives à la MPOC sont énormes. Si ces contextes peuvent être extraits de différentes sources et de différents formats dans une seule forme numérique bien établie sur un sujet particulier, les données elles-mêmes deviendront un contenu facile à consulter. Pour établir un véritable environnement de soins de santé, il est nécessaire de recevoir les informations de contexte au bon moment. La réalisation de cette idée va apporter une meilleure compréhension de la maladie, de l'environnement de la maladie, de traitement et de sa cause, etc. Il associe en outre les symptômes de la maladie aux conditions externes et les effets des médicaments à la progression de la maladie. Il est donc nécessaire de collecter toutes les informations et données pertinentes de manière plus logique, pour décrire le contexte réel. Dans la littérature, différentes études sont disponibles sur les modèles de représentation contextuelle. Les récentes enquêtes littéraires démontrent l'existence de six à douze modèles de représentation, l'ontologie, les clés-valeurs, le marquage, les modèles logiques et graphiques, le modèle orienté objet, le paradigme spatial, le modèle multidisciplinaire, et les modèles de domaine et d'utilisateur, le modèle inspiré par la chimie et le modèle hybride. L'ontologie constitue un mécanisme bien-fondé pour la représentation et le raisonnement des informations de contexte. Il est important de mentionner que 50 pour cent des modèles de représentation de contexte utilisent l'ontologie [89]. L'utilisation de l'ontologie offre une nouvelle solution pour gérer et interpréter les informations relatives à la MPOC. La section suivante décrit les détails des ontologies dans les MPOC.

1.6 Ontologies de la MPOC

Lasierra [74] a proposé une ontologie pour fournir des soins personnalisés aux patients atteints de MPOC à domicile. L'ontologie développée vise à assurer l'intégration des données afin d'automatiser la gestion. La traduction pratique de cette approche représente une solution

simple et compréhensible pour résoudre les problèmes d'intégration et de soins personnalisés dans des scénarios de surveillance à domicile. Cette approche contribue à suivre les patients présentant des comorbidités multiples pour fournir des services plus avancés.

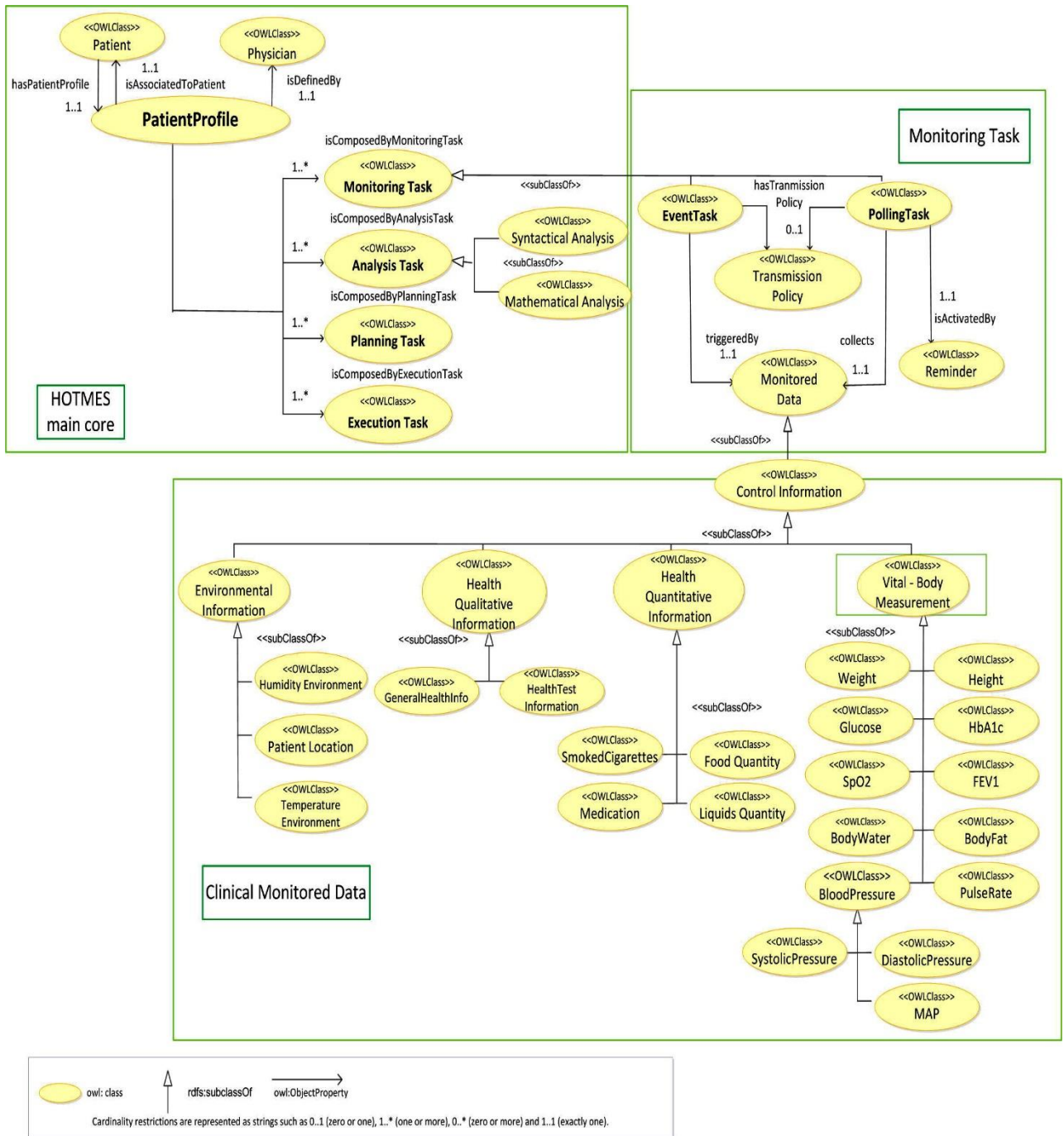


Figure : 4 Ontologie HOTMES

Les principaux composants de l'ontologie clinique HOTMES sont présentés à la Fig. 4. Selon l'ontologie, le profil de patient sera composé de quatre types de tâches différents : tâches de surveillance, tâches d'analyse, tâches de planification et tâches d'exécution. La relation entre les tâches est établie par des règles prédéfinies. Les données pertinentes identifiées par les médecins pour la surveillance des patients MPOC à domicile ont été classées en quatre groupes décrits dans l'ontologie en quatre classes générales : informations environnementales, informations qualitatives, informations quantitatives et mesures essentielles du corps. Les informations qualitatives sur la santé font référence aux informations subjectives fournies par les patients, telles que leur niveau de stress, leur humeur ou des réponses spécifiques à des questions personnalisées. L'information quantitative fait référence à une information qui n'est pas acquise par un médecin. Par exemple, contrôler la quantité de nourriture absorbée peut être très intéressant pour le suivi de patients souffrant d'obésité ou de troubles thyroïdiens. Enfin, onze (11) mesures ont été identifiées et incluses dans l'ontologie en tant que sous-classes de la classe de mesure des signes vitaux. Ces sous-classes de mesures sont les suivantes : température, poids, taille, pression artérielle, glucose, fréquence cardiaque, SpO2, HbA1c, VEMS, l'eau et graisse corporelle.

En revanche, Paganelli et al. [75] décrivent un modèle de contexte basé sur une ontologie et un intergiciel de gestion de contexte associé fournissant un cadre d'application réutilisable et extensible pour la surveillance et l'assistance des patients à domicile.

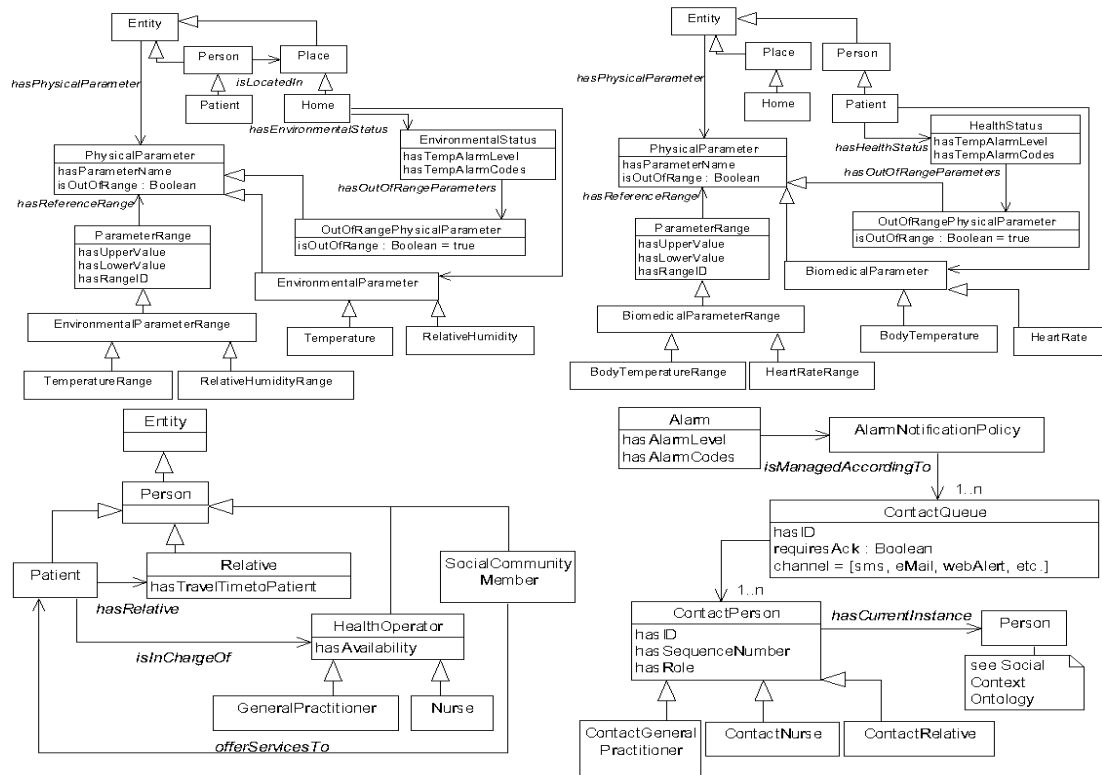


Figure : 5 L'ensemble de l'ontologie de Paganelli
Source : [75]

Paganelli a présenté une plate-forme de services contextuels multicanaux conçue pour aider les réseaux de soins à coopérer et à partager des informations dans le but d'améliorer la qualité de vie des patients. L'ontologie de contexte a été étendue afin de représenter des situations contextuelles dans un contexte de soins à domicile. Dans ce scénario d'application, le contexte inclut des éléments de données décrivant les conditions physiques du patient et le contexte social. Le raisonnement contextuel est principalement utilisé pour le déclenchement et la gestion des alarmes.

Paganelli a présenté quatre ontologies indépendantes: ontologie du domaine personnel du patient, ontologie du domicile, ontologie de la gestion des alarmes et ontologie du contexte social (figure 5). Dans le domaine personnel du patient, les éléments de contexte pertinents incluent les données physiques du patient, la localisation et l'activité. Dans le domicile, les données de contexte pertinentes incluent principalement les paramètres

environnementaux, tels que la température et l'humidité relative, pour maintenir un environnement sécurisé et détecter les dangers. Les ontologies du contexte social représentent les ressources des réseaux de soins provenant de différentes organisations (équipes de santé, membres de la communauté sociale, etc.). L'ontologie de gestion des alarmes représente les membres du réseau de soins qui peuvent être impliqués dans le traitement de situations critiques et qui doivent donc être notifiés par le système pour une intervention.

Dans un contexte différent, Mcheick et al. [76] ont proposé un système basé sur une ontologie pour prédire l'exacerbation. Cette ontologie a été utilisée pour représenter et modéliser le contexte afin de bien comprendre le scénario de surveillance à distance. Mcheick et al. [76] ont utilisé l'ontologie pour proposer une architecture générale décrivant le domaine de surveillance des exacerbations de la MPOC.

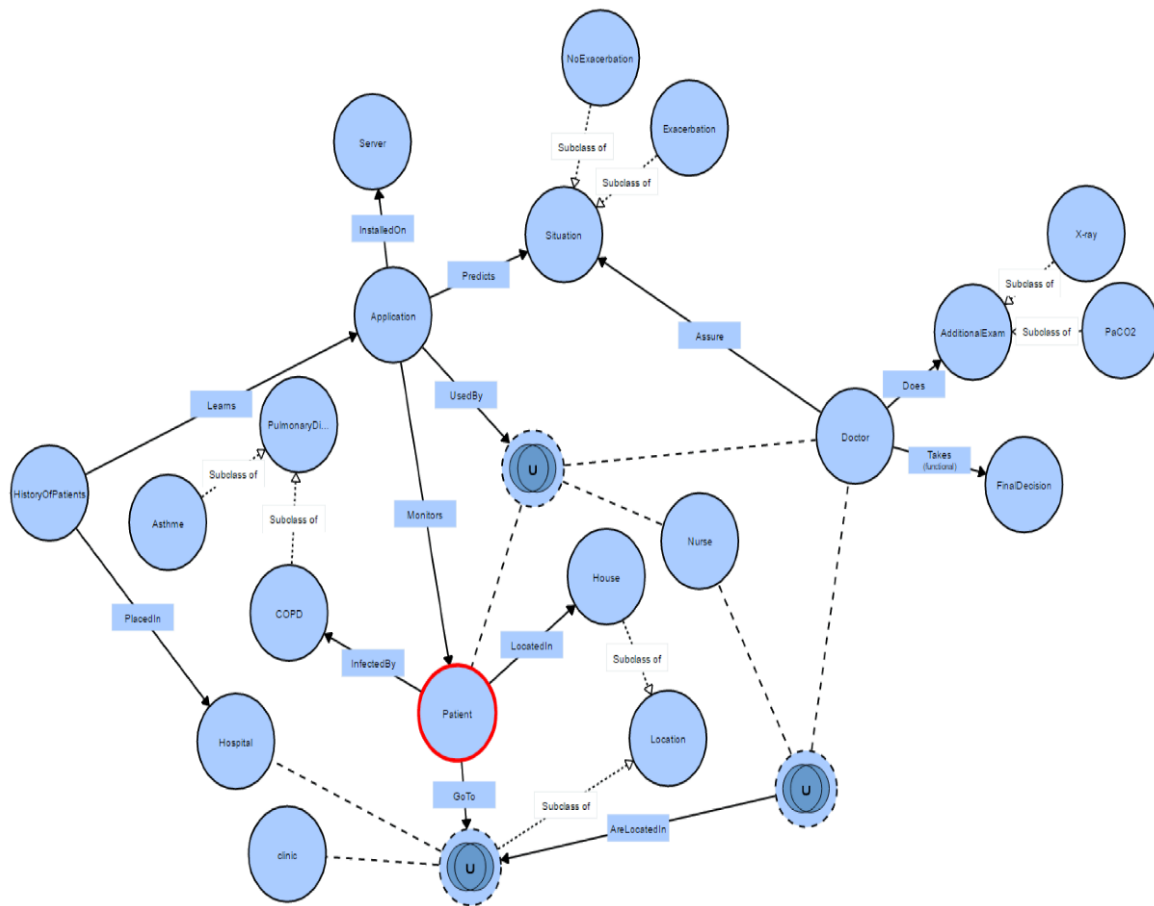


Figure : 6 Ontologie de Mcheick et al.
Source : [76]

Comme le montre la figure 6, l'application de prévision doit être installée sur les serveurs de l'hôpital pour fournir aux spécialistes les attributs appropriés et gérer les décisions de manière plus efficace. En outre, cette application peut surveiller le patient à la maison. Une fois que l'application informe le patient d'une exacerbation et que celui-ci n'est plus en mesure de contrôler l'état d'exacerbation à la maison, le patient peut se rendre à la clinique ou à l'hôpital. Dans ce cas, le médecin ou l'infirmière peut utiliser l'application pour analyser les observations détectées afin de comprendre son état sans appliquer de diagnostics épuisants. Dans ce scénario, le pneumologue peut effectuer des examens supplémentaires, tels que Rayons X, PaCO₂, etc. pour prendre une décision finale ou pour garantir le résultat obtenu par l'application.

Le modèle de contexte de Ryu et al. [77] a été conçu suivant la méthode de représentation ontologique. La figure 7 représente l'ontologie du service de santé présentée dans un smartphone en combinant les ontologies d'espace et de périphérique. Si un smartphone utilise l'ontologie de service représentée sur la figure 6, le périphérique et les informations de détection existant dans les environnements de service peuvent être examinés, ce qui conduit à fournir des services plus personnalisés aux utilisateurs. Ryu et al. [77] ont créé une ontologie pour les systèmes de service à domicile et les téléphones intelligents basés sur l'ontologie commune des soins de santé, l'ontologie de service pour les membres du service et les soins de santé peuvent être configurés comme un smartphone utilisé dans un domaine de service à domicile dans des environnements omniprésents.

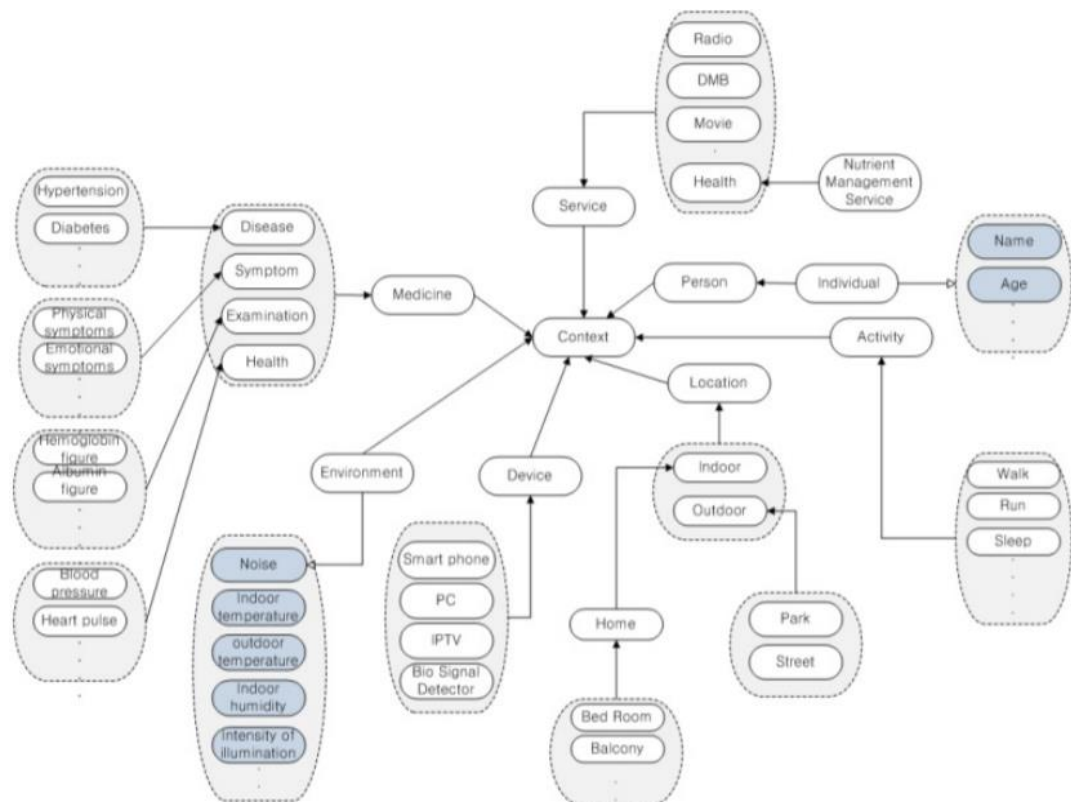


Figure : 7 Ontologie de Ryu
Source : [77]

Les auteurs de [78, 79, 80] ont mis en place une plateforme interactive qui s'intègre facilement à diverses infrastructures de capteurs portables dans le cadre du projet européen pour les personnes souffrant de maladies chroniques. Le projet se concentre sur la MPOC et la maladie rénale chronique (IRC), y compris l'insuffisance rénale. Cette plateforme contient deux niveaux d'aide à la décision. Le premier concerne les alertes immédiates aux cliniciens lorsque certains paramètres vitaux sont définis de manière anormale en temps réel, et le second est hors ligne et fournit une évaluation plus approfondie comprenant l'historique et les données de laboratoire afin de proposer des actions possibles. Une partie de la plate-forme CHRONIOUS est un outil de recherche documentaire basé sur une ontologie offrant un accès efficace et précis aux travaux de recherche récents sur la MPOC et la néphropathie chronique pour les professionnels de la santé.

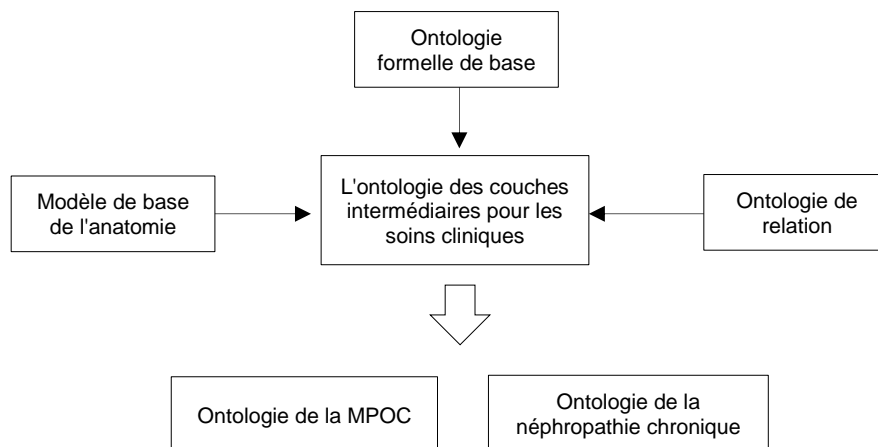


Figure : 8 Composants du module d'ontologie CHRONIOUS
Source : [79]

Les ontologies CHRONIOUS présentent la structure modulaire suivante: (1) l'ontologie de couche intermédiaire de soins clinique, extraite de l'ontologie principale trouvée dans [81,82], complétée par les classes cliniques générales identifiées dans les sources documentaires fournies par les experts médicaux du projet CHRONIOUS (voir la figure 8). Cette nouvelle ontologie contient des classes générales pour les objets (substances chimiques, cellules, tissus, organes, instruments techniques, etc.), processus, qualités, pouvoirs, fonctions et rôles

pertinents pour les aspects pathologiques, anatomiques, diagnostics et thérapeutiques des soins cliniques. L'ontologie de couche intermédiaire est basée sur l'ontologie formelle de base [83], et l'ontologie fondamentale utilisée dans le domaine biomédical; il contient également un sous-ensemble du modèle de base de l'anatomie et de l'ontologie de la relation [84]. (2) l'ontologie de la MPOC contenant des connaissances spécifiques sur la maladie pulmonaire et (3) l'ontologie de la néphropathie chronique, contenant des informations sur les maladies rénales chroniques et l'insuffisance rénale.

L'amélioration des modèles d'activité physique est un objectif important dans le traitement de la MPOC. Wieringa et al. [85] ont décrit un système de surveillance de l'activité pour se créer un mode de vie saine. Le système utilise une ontologie de messages pour rechercher un retour d'informations approprié à l'aide d'informations de contexte afin d'élaguer les chemins non pertinents. Le système s'adapte à l'aide des probabilités dérivées de toutes les préférences de l'utilisateur pour certains types de messages. Le système a montré des effets positifs, et il a fourni un moyen d'interaction flexible avec le patient d'une façon personnalisée, dynamique et contextuelle. Par ailleurs, le travail de Song et al. [86] porte sur l'élaboration des règles médicales qui définit les paramètres de saturation en oxygène, de pression artérielle et de fréquence cardiaque afin de mettre en place un programme d'entraînement physique visant à réhabiliter les patients atteints de MPOC.

En plus de ce qui précède, il existe certaines ontologies générales que leurs développeurs prétendent être adaptés à différents types de soins de santé. Par exemple, Kim et al. [87] ont développé une approche ontologique pour la représentation des connaissances dans un environnement omniprésent. Kim a construit une ontologie médicale, destiné à favoriser l'intégration des différents modèles d'information. D'abord, les informations communes relatives au contexte du patient, ensuite, les informations environnementales et enfin les informations générales. Toutes ces informations contextuelles sont extraites et classées pour supporter les services de soins de santé en temps réel. Le contexte requis est

construit à l'aide de l'ontologie en prenant en compte les références médicales et les environnements de service, tandis que les règles d'inférence régissent toutes les procédures de gestion.

Riaño et al. [88] ont présenté une ontologie pour traiter et suivre des patients atteints de maladies chroniques. Cette ontologie est mise en œuvre dans un système de décision de deux niveaux de personnalisation. Le premier niveau de personnalisation adapte le contenu de l'ontologie selon les particularités de chaque dossier médical, fournissant automatiquement une ontologie personnalisée contenant uniquement les informations cliniques pertinentes pour les professionnels de la santé. Le second niveau de personnalisation utilise l'ontologie personnalisée d'un patient pour transformer automatiquement les plans d'intervention décrivant les traitements généraux de soins de santé en plans d'intervention individuels. Pour les patients comorbides, ce processus se termine par l'intégration semi-automatique de plusieurs plans individuels dans un seul plan personnalisé. De plus, cette ontologie sert également comme une base de connaissance à un outil d'aide à la décision. Cet outil permet aux médecins de détecter les anomalies telles que les diagnostics erronés, les comorbidités non observées, les informations manquantes, et les actions préventives.

1.7 Synthèses

Ces ontologies ont été évaluées en fonction de 5 critères principaux : (1) les types de contexte utilisé (2) l'exacerbation (3) le noyau des processus d'inférence (4) les services ubiquitaires, et (5) la disponibilité de la recommandation. Nous avons utilisé « + » pour définir les caractéristiques prises en charge, tandis que « - » fait référence aux caractéristiques non prises en charge.

Tableau 2 : Ontologies existantes

Ontologies	Contexte					Exacerbation	Moteur d'inférence	Service ubiquitaire	Recommandation
	Profil médical	Profil démographique	Biomarqueurs	Environnement	Activité				
Lasierra [74]	+	+	+	+	-	-	Rules	-	+
Paganelli [75]	-	-	+	+	-	-	Rules	-	+
Mcheick [76]	+	+	+	-	-	+	Probabiliste	-	+
Ryu [77]	+	-	-	+	+	-	○	+	-
CHRONIOUS [78-84]	+	-	+	-	-	-	○	-	-
Wieringa [85]	-	-	-	-	+	-	○	-	+
Song [86]	-	-	+	-	+	-	Rules	-	-
Kim [87]	+	+	+	-	-	-	○	+	-
Riaño [88]	+	-	+	+	-	-	○	-	+

Les facteurs de contexte sont presque ignorés dans [77, 86, 87, 88], ce qui compliquera l'analyse et la compréhension de l'impact réel des facteurs externes sur la maladie. Plus ou moins l'inconvénient précédent, certain de ces ontologies ne tiennent pas compte le problème d'exacerbation tel que [74,75, 85, 86, 87, 88], la plupart de ces projets ne contiennent aucune information sur le plan de prévention contre l'exacerbation. De même, les propositions mentionnées ne fournissent pas des recommandations personnalisées. Ces outils proactifs ne sont utiles que pour soutenir les interventions ou définir les politiques de santé au niveau du groupe, mais ils montrent encore des limitations pour l'applicabilité clinique au niveau du patient [74-88]. La majorité des systèmes nécessitent une connexion permanente pour communiquer avec les spécialistes ce qui rend le suivi sans avantages distinctifs. Dans [76, 77 et 84], les lignes directrices de pratique clinique ne sont pas bien prises en compte, ce qui pourrait affaiblir la crédibilité des systèmes. Ces approches ontologiques sont incapables de décrire toutes les ressources de connaissances externes. Par conséquent, la plus grande partie de ces travaux n'est pas applicable en dehors de soins à domicile [74-83]. En revanche,

certains projets n'utilisent pas explicitement le raisonnement [77, 78, 85, 87, 88] tandis que les autres utilisent le processus d'inférence de manière très restreinte [74, 75, 76, 86].

Malgré le fait que le système de télésanté existant offre la possibilité au pneumologue et au patient, d'être connectés dans une clinique virtuelle, le contrôle et la gestion de ce problème sont encore incomplets. La gestion multidimensionnelle de la MPOC, qui comprend les comorbidités, le profil médical, le traitement et la protection, reflète mieux la complexité de la MPOC que l'approche monocomposante actuelle qui se concentre sur un seul aspect de la maladie MPOC. La relation entre les exacerbations de la MPOC et les facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et la pollution atmosphérique ne sont pas bien caractérisés, en partie à cause de la simplification excessive dans l'attribution d'estimations d'exposition aux individus et aux populations. Développer un algorithme pour détecter une exacerbation est important, car cela faciliterait les services fournis via la télésanté. Un défi particulier concerne les seuils d'alarme. La plupart des systèmes existants adoptent des seuils standard pour tous les patients. Pour augmenter la valeur de la télésanté dans l'autogestion, un seuil personnalisé pour chaque patient est essentiel, car il contribuera à réduire le nombre de fausses alertes et à faire la différence entre une détérioration réelle et une variation quotidienne. Par exemple, chaque patient a ses propres valeurs des signes vitaux normaux, définies en fonction de l'âge, du sexe, de l'IMC, de la comorbidité, etc. par conséquent, les valeurs anormales de certains patients pourraient être normales pour d'autres. La même chose s'applique aux seuils de sécurité qui protègent les patients contre les facteurs environnementaux, alimentaires, et déterminent le niveau d'activité physique. La question de définir des alarmes patientes individuelles reste une question ouverte. Les stratégies de traitement sont encore immatures. La télémédecine est en mesure de jouer un rôle décisif dans l'élaboration de plans thérapeutiques appropriés, adaptés à chaque patient pour tirer le meilleur parti des médicaments. Quels que soient les problèmes et les implications médicaux, dans la prochaine partie nous allons aborder le problème du point de vue de l'informatique. En bref, les principales faiblesses peuvent être résumées comme suit:

1. L'utilisation non règlementée du contexte dans le milieu médical;
2. L'incapacité de représenter le contexte de manière appropriée;
3. Limitations du mécanisme d'inférence utilisé.

En faisant appel aux critères de sélection évoqués, nous parlerons dans le chapitre suivant davantage de modèles de représentation contextuelle, et nous expliquerons pourquoi nous avons choisi l'ontologie.

CHAPITRE 2

REVUE DES MODÈLES CONTEXTUELS DANS LES SOINS DE SANTÉ

Hamid Mcheick¹, Hicham Ajami¹, Zayan Elkhaled¹

¹ Université du Québec à Chicoutimi, Computer Science Department. 555, Boul de l'Université, Chicoutimi, Québec, G7H 2B1, Canada

{ Hicham.Ajami¹, Hamid_Mcheick, Zayan.elkhaled¹ }@uqac.ca

Résumé: Le système de soins de santé est considéré comme un élément clé de l'informatique ubiquitaire, ce qui signifie que les services de soins de santé sont disponibles à tout moment et à tout endroit pour surveiller les patients en fonction de leur contexte. Cette étude vise à créer un cadre simple pouvant servir de guide pour comprendre les modèles de représentation du contexte. Ce document commence par définir le concept de contexte, et puis passer en revue les modèles les plus représentatifs du contexte. La recherche met en évidence les principales forces et faiblesses de chacune de ces approches. L'aspect pratique de ce travail est un modèle de santé ontologique basé sur le contexte du patient qui rend le processus de surveillance plus précis. Cette étude inclut une application Android afin de prouver le concept de cette hypothèse.

Mots-clés de l'auteur: Soins de santé; informatique omniprésente; informatique ubiquitaire
modèles de contexte; représentation du contexte;

2.1 Introduction

Le développement actuel de l'informatique ubiquitaire contribue à créer de nouvelles générations de services et représente une occasion importante de faire progresser notre société pour qu'elle soit plus confortable et plus sûre. L'une des applications les plus importantes de l'informatique ubiquitaire est le système de soins de santé, ce dernier transmet les paramètres physiologiques des patients via les technologies de communication modernes, ce qui permet aux soignants d'effectuer les procédures nécessaires en cas d'urgence. Dans cet article, nous soulignons l'importance de l'activité en tant que facteur clé des composantes du contexte. Le reste de cet article est organisé comme suit; dans la section 2 nous faisons une brève revue de la littérature qui traite la définition du contexte existant et ses modèles de représentation. Dans la section 3 nous décrivons les composants de base du système de santé, dans la section 4 nous présentons une étude de cas, et dans la dernière section, nous concluons ce travail et nous en donnons quelques perspectives.

2.2 Définition de contexte

Le contexte a attiré l'attention de chercheurs dans de nombreux domaines tels que la philosophie, la sociologie, l'art, l'histoire, et la religion. Mises à part les significations mentionnées, ce travail ne s'intéresse qu'au contexte lié à l'informatique ubiquitaire. Être conscient du contexte est une étape importante pour développer des systèmes sensibles au contexte. Cette terminologie est apparue implicitement pour la première fois en 1993 par Mark Weiser. Selon cet auteur, le contexte correspond aux informations à prendre en compte pour un ajustement. La définition formelle du contexte a été donnée par Dey et al. [1] " Context is any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves". Cependant, Chaari a défini le contexte

comme un ensemble de paramètres externes d'une application pouvant affecter son comportement par déclencher de nouveaux services [31]. En 2015, Xin et al. [13] ont fourni une nouvelle définition considérant que le contexte est « tout élément d'information pouvant représenter des changements dans les circonstances statiques ou dynamiques ».

2.3 Modèles de contexte

Le modèle de contexte ou la représentation du contexte fait référence à l'approche qui décrit et organise les informations contextuelles afin de construire les systèmes sensibles au contexte. Strang et al. [14] ont présenté six méthodes principales pour modéliser le contexte: modèles clé-valeur, modèles de schéma de balisage, modèles graphiques, modèles orientés objet, modèles basés sur la logique et modèles fondés sur l'ontologie.

Bettini et al. [15] ont étudié trois approches différentes pour décrire le contexte: rôle-objet, spatial et ontologie. Khattak et al. [16] ont indiqué que la plupart des études de la littérature sur les modèles de contexte sont incomplètes, parce que les auteurs ont ignoré les modèles de représentation spatiale, hybrides et à domaine. Khattak a donc proposé neuf méthodes différentes pour décrire le contexte. Plus tard, Li et al. [13] ont ajouté trois nouveaux modèles (1) centré sur l'utilisateur, (2) inspiré par la chimie et (3) multidisciplinaire. Ces études révèlent l'existence de six à douze modèles (voir tableau 5).

Tableau 3 : modèles de contexte

Strang et al. 2004	Bettini et al. 2009	Khattak et al. 2014	Li et al. 2015
Clé-Valeur	Objet-rôle	Clé-Valeur	Clé-Valeur
Balisage	Spatial	Balisage	Balisage
Graphique	Ontologie	Graphique	Graphique
Orienté Objet	Hybride	Orienté Objet	Orienté Objet
Logique		Logique	Basé sur la logique
Ontologie		Ontologie	Ontologie
		Spatial	Domaine
		Domaine	Centré sur l'utilisateur
		Hybride	Multidisciplinaire
			Chimie

2.3.1 Modèle clé-valeur

La clé-valeur est une forme classique de représentation dans laquelle les données contextuelles peuvent être décrites sous forme de valeur numérique ou d'attributs. « Le codage clé-valeur est un mécanisme permettant d'accéder indirectement aux propriétés d'un objet, en utilisant des chaînes pour identifier les propriétés, plutôt que par l'invocation d'une méthode d'accès ou directement via des variables d'instance » [21]. Les bases de données clé-valeur sont les plus simples des bases de données NoSQL: la structure de données de base est un dictionnaire. Vous pouvez stocker une valeur, telle qu'un entier, une chaîne, une structure JSON ou un tableau, avec une clé utilisée pour référencer cette valeur.

2.3.2 Modèle schéma de balisage

Dans cette méthode, les informations de contexte sont stockées dans des balises typiques telles que XML. Généralement, le schéma de balisage est utilisé pour la modélisation de profils (par exemple, capacités du périphérique). Ces attributs et balises peuvent être interprétés en fonction de leur position dans leur structure hiérarchique [22].

2.3.3 Modèle logique

Ce modèle décrit les données requises sous forme de faits, de termes et de règles utilisant une logique du premier ou du second ordre. La logique est une classe spécifique de modélisation où la logique définit le statut pouvant être dérivé d'un ensemble d'autres expressions ou faits [23].

2.3.4 Modèle orienté objet

La pierre angulaire de ce modèle est le paradigme de la programmation orientée objet. Ce dernier représente les informations sous forme d'objets (classes) et de support. « L'idée de

base de la programmation orientée objet est la combinaison des données et des fonctions qui agissent sur ces données dans une seule et même entité » [24].

2.3.5 Modèle graphique

Ce modèle représente le contexte sous forme de diagrammes ou de notations graphiques. Les modèles graphiques couramment utilisés sont la modélisation UML (Unified Role Modeling), la modélisation ERM (Entity Relationship Model) et la modélisation ORM (Object Role Modeling) [14] [16].

2.3.6 Ontologie

Le terme ontologie signifie l'existence des choses, mais dans la science informatique, l'ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée. Ce modèle pourrait être représenté par deux langages de description: RDF (Resource Description Framework) et OWL (Ontology Web Language). L'ontologie peut être divisée en deux niveaux de description, le niveau supérieur contenant les concepts généraux et le niveau inférieur décrivant les concepts de sous-domaines, par exemple domaine d'origine, domaine de transport [18] [25].

2.3.7 Modèle de domaine

Ce modèle est largement connu sous le nom de W4. Cette approche proposait une représentation générale du contexte basée sur quatre questions principales: qui était l'utilisateur, quelle était l'activité exécutée, où l'activité était effectuée (lieu), à quel moment l'activité a été réalisée (temps).

2.3.8 Modèle spatial

L'information spatiale ou la localisation est l'un des contextes les plus utilisés. Les applications sensibles au contexte utilisent souvent la localisation de personnes, d'objets ou de périphériques comme un point focal pour divers services [17]. Les coordonnées géométriques et symboliques constituent le principal contexte spatial pris en charge par les systèmes de positionnement [15].

2.3.9 Modèle multidisciplinaire

Li et al. [13] définit le terme multidisciplinaire comme une illustration du contexte sous différents points de vue et dans de multiples disciplines. Nicholas et al. [19] ont considéré l'approche multidisciplinaire comme l'un des meilleurs moyens de résoudre les problèmes liés à la transition de l'informatique statique traditionnelle à des environnements mobiles hétérogènes. Cette méthode est adaptée aux besoins de groupes et d'applications spécifiques.

2.3.10 Modèle centré sur l'utilisateur

Le modèle centré sur l'utilisateur est basé sur la perspective de l'utilisateur plutôt que sur des appareils ou des applications informatiques. Les développeurs ont décrit ce modèle par le 5W1H-tuple: qui, quand, où, quoi, comment, et pourquoi. Cette approche est très utile pour comprendre le sens du contexte [27]. Cette conception convient aux applications qui se concentrent sur le contenu des données du point de vue et de l'intention des utilisateurs.

2.3.11 Modèle inspiré de la chimie

Ce modèle est inspiré de la réaction entre les composants chimique. Ce modèle cherche à représenter le contexte et les services correspondants dans une séquence

dynamique. En 2011, Fernandez [30] a déclaré: « L'informatique inspirée de la chimie a récemment repris son élan dans ce contexte, exprimant naturellement les comportements de parallélisme, de distribution et d'autonomie ». Plus tard, Elgammal et al. [28] ont présenté la chimie inspirée comme un modèle d'interaction parallèle entre les composants du système pour atteindre des objectifs communs.

2.2.12 Modèle hybride

Le modèle hybride est une combinaison de deux modèles de représentation pour obtenir une solution plus flexible. À cette fin, Paganelli et al. [29] ont proposé une technique hybride visant à tirer parti des avantages des modèles orientés objet et des modèles basés sur des ontologies. En revanche, Bettini et al. [15] ont développé un cadre multicouche constitué d'un schéma de balisage et d'une ontologie.

2.4 Comparaison des caractéristiques des modèles de contexte

Les tableaux 6, 7 et 8 sont une évaluation des modèles de contexte présentés par Bettini, Strang, et Xin Li respectivement.

Tableau 4: Comparaison entre les approches de modélisation [15]

Critères	Modèles		
	Orientée objet	Spatial	Ontologie
Hétérogénéité	Satisfait	Satisfaction partielle	Satisfait
Mobilité	Satisfaction partielle	Satisfait	Insatisfait
Des relations	Satisfaction partielle	Satisfaction partielle	Satisfait
Opportunité	Satisfait	Satisfait	Insatisfait
Imperfection	Satisfaction partielle	Satisfaction partielle	Insatisfait
Raisonnement	Satisfaction partielle	Insatisfait	Satisfait
Convivialité	Satisfait	Satisfaction partielle	Satisfaction partielle
Efficacité	Satisfaction partielle	Satisfait	Insatisfait

Tableau 5 : Indication de la pertinence [14]

Modèles	Critères					
	Composition distribuée	Validation partielle	Richesse et qualité de l'information	Inachèvement et ambiguïté	Niveau de formalité	Applicabilité aux environnements existants
Clé valeur	-	-	-	-	-	+
Balisage	+	++	-	-	+	++
Graphique	-	-	+	-	+	+
Orientée objet	++	+	+	+	+	+
Logique	++	-	-	-	++	-
Ontologie	++	++	+	+	++	+

Dans le tableau suivant, nous avons utilisé “+” pour désigner les caractéristiques prises en charge, “-” pour indiquer les caractéristiques non prises en charge et “o” lorsqu’il n’est pas clair si cette fonctionnalité est prise en charge ou non.

Tableau 6: Comparaison de dix approches pour la modélisation de contexte [13].

Modèles	Critères					
	Expressivité	Raisonnement	Relations	Interopérabilité	Formalisme	Validation
Clé valeur	-	-	-	O	-	O
Balisage	-	-	+	O	+	+
Graphique	+	O	+	-	-	O
Orienté Objet	-	-	+	O	-	-
Logique	+	+	O	O	-	-
Multidisciplinaire	+	O	O	-	O	-
Domaine	+	O	O	O	-	-
Centré sur l'utilisateur	+	+	O	O	-	-
Ontologie	+	+	+	+	+	+
Chimie	+	O	O	O	-	-

Sur la base de ce qui précède, nous pouvons conclure que les modèles efficaces sont ceux qui répondent aux exigences et fournissent une illustration réaliste du contexte. Certains de ces modèles représentent le contexte d'une manière simple, mais ils n'expliquent pas les données complexes. Par exemple, le modèle clé valeur n'est utile que pour les applications autonomes [16], mais il convient de noter que la conception de schéma en temps réel Firebase a introduit une nouvelle vision du modèle clé valeur, mais néanmoins, cette technique est inefficace si vous avez besoin d'interrogations profondes et compliquées. La représentation des balises ne convient qu'un faible niveau d'information contextuelle [14]. Le modèle logique se caractérise par la richesse de l'expression, mais il souffre d'un manque de standardisation et de validation. Le modèle orienté objet fonctionne correctement avec les applications qui ne nécessitent pas de fonctions de raisonnement complexes.

Le modèle graphique joue un rôle important dans la gestion de base de données, mais cette technique est considérée comme une représentation plate, car elle ne prend pas en charge la distribution et l'interopérabilité. Le domaine spécifique fournit une autre structure de représentation simple pour décrire un domaine spécifique, mais elle manque de flexibilité et d'adaptabilité. Un modèle spatial est capable de faire face à la dynamique du contexte, mais il a un effort soutenu pour suivre la localisation d'un utilisateur. Les trois derniers modèles ajoutés par Li [13] (inspirés de la multidisciplinarité, de l'optimisation par l'utilisateur et de la chimie) en sont encore à la première étape et ils ne disposent pas d'outils de validation. L'approche hybride peut être une bonne solution, car elle combine de nombreuses fonctionnalités de différents modèles. Mais Khattak [16] pense que le modèle hybride est un cadre complexe, ne peut pas représenter le contexte imparfait et ne protège pas la vie privée lorsque les préférences des utilisateurs sont exposées.

Chaque modèle a ses propres avantages et inconvénients. Strang [14] a estimé que le modèle de contexte devait satisfaire à la composition distribuée, à la validation partielle, à la richesse et à la qualité de l'information, à l'incomplétude et à l'ambiguïté, au niveau de

formalité et à l'applicabilité de l'environnement existant. En revanche, Li [15] a défini différents critères de sélection, tels que l'hétérogénéité, la facilité d'utilisation, l'intemporel, la relation et le raisonnement. Dans le même contexte, Bettini [13] a mené une évaluation basée sur l'hétérogénéité, la mobilité, la relation, la rapidité, l'imperfection, le raisonnement, la convivialité et l'efficacité. Sur la base de ces comparaisons (tableaux 6, 7 et 8), il apparaît clairement que les performances de l'ontologie dépassent tous les autres modèles en termes d'exigences de base pour la représentation contextuelle. De plus, la représentation récente du contexte évolue vers une ontologie en raison de son efficacité avec la complexité des données et de l'hétérogénéité des sources. En dépit de ses avantages, l'ontologie ne peut pas gérer l'incertitude.

2.5 Cadres de santé compatibles avec le contexte

Bricon-Souf et al. [2] considéraient que la sensibilité au contexte était un domaine de recherche riche surtout tout ce qui concerne le secteur médical. Au cours des dernières années, de nombreuses réalisations importantes ont été réalisées, par exemple, mais sans s'y limiter, Abido et al. [3] ont présenté une architecture de capteurs portables pour système de surveillance à distance. Cette architecture est composée de trois niveaux différents permettant de suivre les paramètres physiologiques (débit sanguin, fréquence respiratoire, saturation en oxygène, fréquence cardiaque, pression artérielle, pH et température corporelle). Ces paramètres sont mesurés à l'aide de dispositifs portables et sont envoyés au patient et au personnel médical en temps réel. Kang et al. [4] ont proposé un intergiciel sensible au contexte pour fournir des services de santé ubiquitaire. Tout au long de ce travail, Kang a conçu et mis en œuvre une base intergiciel sur une architecture ontologique pour une interopérabilité sémantique entre les capteurs et les services en utilisant la plate-forme OSGi. Par ailleurs, Mcheick [5] s'est concentré sur la sensibilité au contexte dans les applications de soins de santé. L'auteur a proposé un modèle de représentation hybride constitué d'un schéma XML et d'un modèle orienté objet pour décrire les éléments de contexte statiques et dynamiques. Par

exemple, les signes vitaux du patient sont étroitement liés à de nombreux contextes, toute information manquante peut donc modifier l'évaluation dans son ensemble. Dans la section suivante, nous démontrerons l'importance du contexte dans le domaine médical.

2.6 Architecture du système

Une architecture typique de systèmes de surveillance à distance comprend (1) des capteurs portables (2) des protocoles de communication sans fil et (3) des centres de soins de santé (voir la figure 9). De tels capteurs capturent et transmettent en continu les signes vitaux du patient. Les données collectées peuvent ensuite être transmises directement aux prestataires de soins de santé et de services pour un traitement ultérieur.

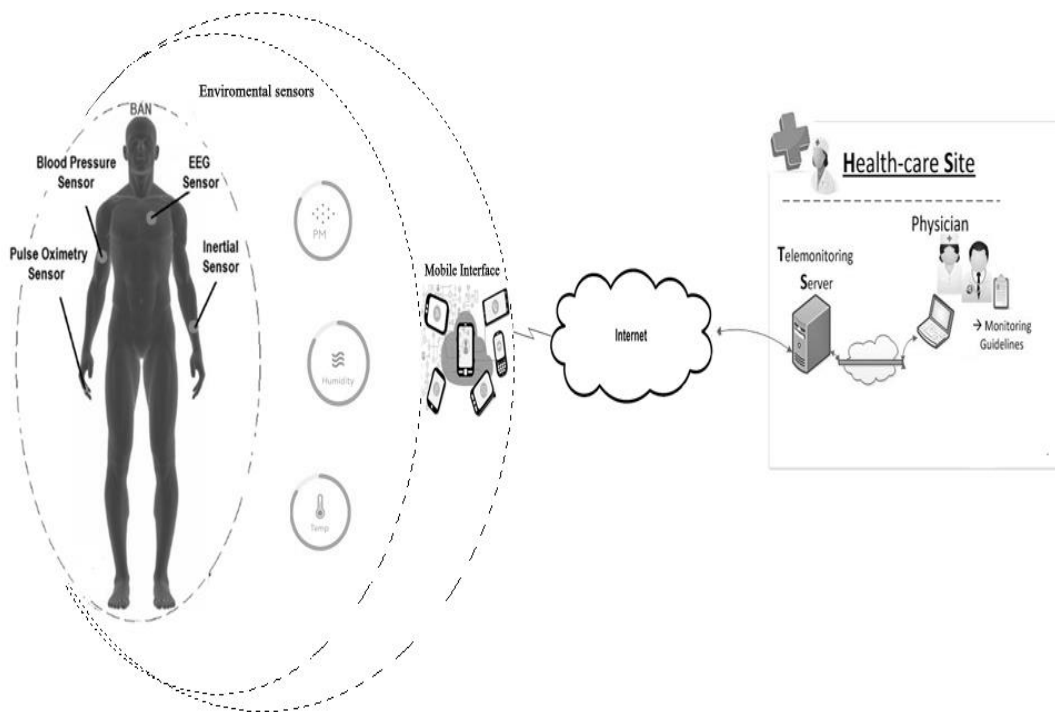


Figure: 9 Systèmes de surveillance à distance

Le système de santé moderne est un environnement intelligent doté de divers types de technologies de l'information et de dispositifs portables. Ces supports aident les patients à

gérer leurs comportements et à trouver le niveau de sécurité optimal. Grasczew et al. [7] ont énuméré les principales normes sans fil pouvant être utilisées pour transférer des informations médicales (par exemple, ZigBee, Service de communication sur les implants médicaux (MICS), Service de télémétrie médicale sans fil (WMTS), etc.). L'assistant numérique personnel peut coordonner et transmettre les paramètres physiologiques aux centres médicaux via le réseau sans fil existant (4G, 3G, GPRS et WAN). Une fois qu'une condition anormale est détectée, l'unité de soins la transmet au serveur médical en temps réel. Le médecin du côté serveur (hôpital) peut communiquer avec le patient ou un membre de sa famille ou appeler le service d'urgence [8]. La plupart des études ont ignoré l'interférence entre le contexte et les paramètres physiologiques du patient [20] [21]. Dans la prochaine section, nous approfondirons l'impact de l'activité contextuelle sur la prise de décision en matière de soins de santé.

2.7 Modèle de contexte et étude de cas

Considérons un exemple simple d'applications de soins de santé à distance. Cette application vise à suivre la température et la fréquence cardiaque des personnes âgées. La plage de température corporelle normale est comprise entre 36,1 et 37,2 °C (97 °F), la température moyenne étant de 37 °C (98,6 °F) [9].

Tableau 7 : Température corporelle normale

Âge	Température moyenne
Adulte	98.6°F - 37°C
Personnes âgées (plus de 70 ans)	96.8°F - 36°C

La fréquence cardiaque moyenne normale au repos est la suivante:

1. Enfants (âgés de 6 à 15 ans) 70 à 100 battements par minute
2. Adultes (18 ans et plus) 60 à 100 battements par minute

D'un point de vue physiologique, la fréquence cardiaque et la température sont fortement influencées par l'exercice, le travail pénible, les conditions météorologiques et l'emplacement. Dans cette partie, nous montrerons la corrélation entre l'activité d'une part et la température et le rythme cardiaque de l'autre part. Comme le montre le tableau ci-dessous, la fréquence cardiaque peut atteindre 200 battements / minute lors d'activités intenses [10], tandis que la température peut dépasser 40 degrés Celsius [11].

Tableau 8 : Fréquence cardiaque pendant une activité physique intense

Âge	Zone cible	Fréquence cardiaque maximale
20 ans	100-170 battements par minute	200 battements par minute
30 ans	95 - 162 battements par minute	190 battements par minute
35 ans	93 - 157 battements par minute	185 battements par minute
40 ans	90 - 153 battements par minute	180 battements par minute
45 ans	88 - 149 battements par minute	175 battements par minute
50 ans	85 - 145 battements par minute	170 battements par minute
55 ans	83 - 140 battements par minute	165 battements par minute
60 ans	80 - 136 battements par minute	160 battements par minute
65 ans	78 - 132 battements par minute	155 battements par minute
70 ans	75 - 128 battements par minute	150 battements par minute

2.8 Modélisation des soins de santé

Le système contextuel est implémenté sur la base du modèle de représentation. Le modèle de contexte doit fournir la distribution, l'hétérogénéité, la richesse, la qualité de l'information, l'ambiguïté et l'applicabilité. Comme nous l'avons vu précédemment, l'ontologie présente de nombreuses caractéristiques. Dans ce travail, nous créons un modèle d'ontologie simple pour surveiller le statut du patient en prenant en compte l'activité. Il convient de mentionner ici que « les modèles ontologiques seuls ne sont généralement pas adaptés à la reconnaissance d'activités physiques de base. Afin de reconnaître de telles données de contexte, les modèles ontologiques devraient être intégrés aux méthodes statistiques d'apprentissage automatique » [11].

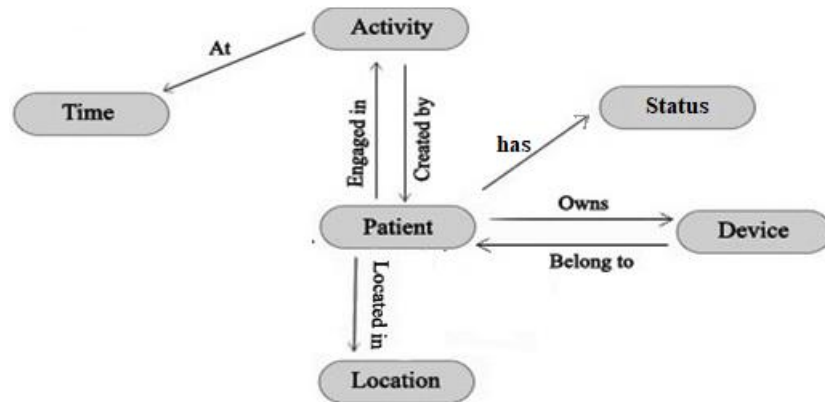


Figure: 10 Représentation ontologique du contexte

Les données de contexte représentent les connaissances échangées entre le patient et le centre de soins de santé. Ces informations incluent les signes vitaux, l'activité et le profil du patient. Comme le montre la figure 10, le patient représente le nœud central de cette ontologie. Le statut peut être utilisé pour décrire la santé générale du patient. L'état est affecté par les activités et la localisation géographique pouvant être détectées par les capteurs connectés. Toutes ces informations sont ensuite envoyées à la couche de raisonnement qui effectue un traitement d'inférence basé sur des règles spécifiques.

2.9 Étude de cas et discussion

Pour prouver la faisabilité du modèle proposé, une application simple est fournie. Cette application est un modèle client-serveur, qui permet aux experts médicaux de suivre leurs patients à distance en utilisant divers appareils technologiques.

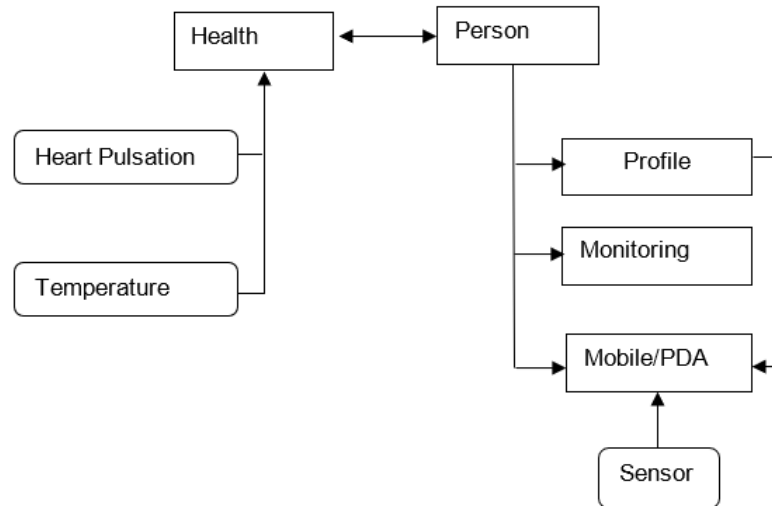


Figure: 11 Schéma d'application

La plate-forme développée examine la manière dont les systèmes de santé en ligne peuvent être pris en charge par une application modulaire de détection du contexte qui favorise la séparation entre la détection du contexte et l'interaction de l'utilisateur.



Figure: 12 Application du patient

Du côté du client, les capteurs implantables capturent les contextes physiologiques tels que la fréquence cardiaque et la température corporelle, en plus de la localisation actuelle et de l'activité du patient. Le client se connecte au serveur à l'aide de protocoles de communication basés sur IP. Du côté du serveur, les professionnels de la santé suivent l'état du patient en utilisant les informations contextuelles reçues. Ces deux processus sont illustrés aux figures 12 et 13. Le patient peut vérifier son état au moyen de la même application qui fournit un diagnostic détaillé, comme le montre la figure.14.

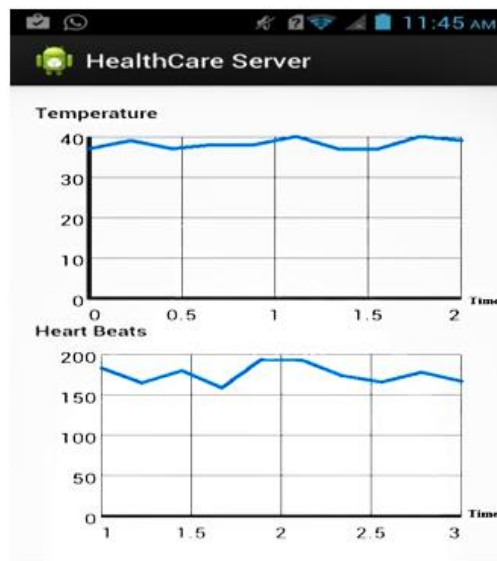


Figure: 13 Surveillance en temps réel (côté serveur)

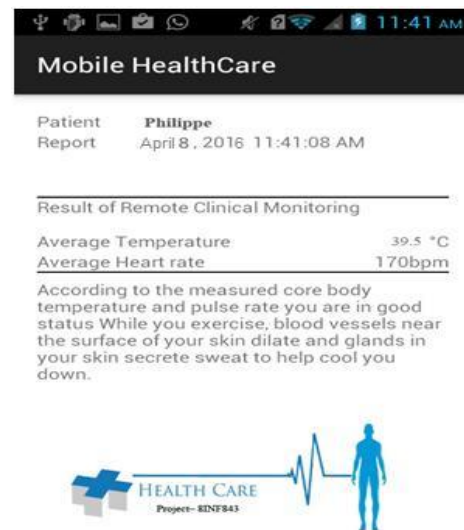


Figure: 14 Diagnostic reçu (côté client)

Dans le système conventionnel qui repose uniquement sur des facteurs physiques, sans prêter attention à l'ensemble du contexte, l'unité de surveillance peut générer une fausse alerte, car elle suppose qu'il existe un risque pour la santé du patient. Mais comme nous l'avons expliqué précédemment, la température et la fréquence cardiaque augmentent considérablement pendant l'activité physique. La figure ci-dessus montre l'analyse médicale reçue du serveur et qui confirme que le patient est en bon état, contrairement à l'application traditionnelle.

2.11 Conclusion

Ce document est une évaluation comparative des modèles de contexte existants. Dans ce travail, nous avons discuté la représentation traditionnelle et moderne du contexte. L'objectif principal de cet article est de faire valoir l'importance du contexte pour les applications médicales. L'article démontre la valeur des éléments de contexte identifiés. Le projet en est encore à ses balbutiements, le modèle proposé nécessite un effort supplémentaire pour être appliqué à différents types de patients et à différents types de maladies telles que les attaques ischémiques et la maladie pulmonaire obstructive chronique.

CHAPITRE 3

CATÉGORISATION DU CONTEXTE DANS LE DOMAINE MÉDICAL

Hicham Ajami¹, Hamid Mcheick¹, Lokman Saleh², Rania Taleb¹

¹ Université du Québec à Chicoutimi, Computer Science Department. 555, Boul de l'Université, Chicoutimi, Québec, G7H 2B1, Canada

² Université du Québec à Montréal, Computer Science Department, Montréal. Case postale 8888, Succursale Centre-ville, Montréal (Québec) H3C 3P8, Canada,
{ Hicham.Ajami¹, Hamid_Mcheick,Rania.Taleb }@uqac.ca
{ Saleh.Lokman@courrier.}uqam.ca

Résumé : Le contexte est une notion complexe, ses significations varient selon le domaine d'application. Cette flexibilité a été l'origine de l'émergence d'un nombre si important de définitions de contexte. Néanmoins, toutes les définitions proposées ne fournissent pas de fondement solide adapté aux attentes des concepteurs de systèmes, en particulier dans le domaine de la santé. Par conséquent, les chercheurs à diviser le contexte en un ensemble de concepts facilitant l'organisation de la connaissance contextuelle. Les taxonomies classiques de contexte sont toujours vagues et nous devons travailler dur pour les rendre utiles dans le domaine d'application visé. Dans cet article, nous proposons une nouvelle classification de contexte qui couvre tous les aspects du contexte dont nous pourrions avoir besoin pour développer un système de télésurveillance pour la gestion des maladies chroniques. Les composantes principales de ce contexte médical sont une combinaison de glossaire lié à des domaines dépendants et indépendants. Le domaine indépendant ne représente que les concepts contextuels généraux inhérents à notre monde physique, utilisable pour différents domaines d'application. Le domaine dépend des éléments qui peuvent être classés comme une liste de vocabulaire lié aux soins de santé.

Mots-clés : soins de santé ; informatique ubiquitaire ; catégorisation de contexte ; contexte médical.

3.1 Introduction

Le développement du système de santé ubiquitaire devrait être soutenu par une connaissance adéquate du contexte. La gestion des connaissances est une fonctionnalité très importante pour fournir le bon service à la bonne personne au bon moment. Les taxonomies conventionnelles de contexte sont toujours trop complexes et nous devons nous battre pour les rendre utiles dans le domaine d'application prévu. Les chercheurs présentent le contexte sous forme des taxonomies générales. Cependant, ces taxonomies ne peuvent pas être appliquées à un domaine spécifique [2]. Dans cet article nous allons proposer une nouvelle catégorisation contextuelle pour le domaine médical. Cette taxonomie vise à représenter les connaissances pouvant influencer sur le statut du patient, en garantissant l'accès aux services et en assurant le suivi nécessaire. Bien qu'il existe de nombreuses structures de contexte développées avec des approches différentes, il n'existe aucune structure convenue qui puisse être largement utilisée pour développer des applications de télémédecine. Ce travail est un nouvel essai pour rendre cette structure plus cohérente. Plusieurs raisons peuvent être énumérées pour motiver cette recherche, nous distinguons trois raisons principales :

1. L'identification des composants contextuels fournit une base pour développer un modèle de connaissance compréhensive. Une telle classification ouvrira la voie à la représentation d'informations liées aux exigences médicales en identifiant les entités pertinentes et leurs relations entre eux [2, 3].
2. Le contexte constitue la colonne vertébrale de l'architecture sensible au contexte [3], ainsi que la catégorisation de contexte joue un rôle important dans la construction d'une architecture contextuelle hiérarchique qui utilise intelligemment les informations disponibles pour reconnaître des situations ou prédire des événements [4, 5].

3. L'anatomie du contexte fournit une méthode de travail systématique dans le domaine médical, car la division du contexte en entités indépendantes permet de traiter chaque composant séparément. Par conséquent, chaque composant ou module devient responsable de ses caractéristiques ou fonctionnalités spécifiques [6].

Le reste de ce document est organisé en trois parties. Dans la première partie, nous présentons les catégorisations existantes du contexte, tandis que la deuxième partie décrit notre perception des concepts médicaux. La troisième partie fournit une étude de cas pour concevoir un système de santé pour les patients atteints de maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC). Enfin nous concluons cet article et donnons quelques perspectives à notre travail.

3.2 État de l'art

Bien que tout le monde ait une idée générale du contexte, mais il est difficile de trouver une explication précise du contexte, parce qu'il n'y a pas une définition standard. Cependant, certaines fonctionnalités communes peuvent être extraites. Rey et al. [2] étudient ces caractéristiques communes qui sont discutées et approuvées par les chercheurs en informatique contextuelle. (1) Le contexte n'existe pas hors contexte (2) le contexte est un espace d'informations servant à l'interprétation et (3) le contexte évolue, et il est structuré et partagé. Les propositions contextuelles dans le domaine des soins de santé ubiquitaire souffrent de l'absence de description détaillée de toutes les dimensions du contexte. Afin d'apporter une contribution plus significative dans ce domaine de recherche, nous avons besoin de bien comprendre quels sont les aspects les plus importants du contexte. Nathalie et al. [3] affirment qu'il n'existe aucune recommandation sur les besoins fonctionnels du contexte pour mettre en œuvre des applications médicales. Dey et al. [4] a proposé une définition

ouverte selon laquelle le contexte est "toute information pouvant être utilisée pour caractériser la situation d'une entité, lorsqu'une entité est une personne, un lieu ou un objet considéré comme présentant un intérêt pour l'interaction entre un utilisateur et un utilisateur. Application, y compris l'utilisateur et l'application elle-même. " En 2001, Winograd [5] a approuvé la définition de Dey et affirmé qu'elle couvrait tous les travaux existants sur le contexte. Cependant, il considère que l'utilisation d'expressions telles que "toute information" et "caractérisant une entité" reste très générale et ne laisse aucune limite à la notion de contexte. Pour être plus précis, l'auteur a ajouté que "quelque chose" est un contexte en raison de la manière dont il est utilisé en interprétation, et non en raison de ses propriétés inhérentes. Winograd soutient cette idée par l'exemple suivant : "La tension sur les lignes électriques est un contexte s'il existe une action de l'utilisateur et/ou de l'ordinateur dont l'interprétation dépend, mais qui ne fait sinon partie que de l'environnement". Pour faciliter l'utilisation du contexte, les chercheurs ont classé les informations contextuelles en plusieurs catégories et/ou paramètres (dimensions) en fonction de différentes perspectives. Le tableau ci-dessous illustre les catégorisations les plus remarquables de 1994 à 2016.

Tableau 9: Dimensions du contexte

Auteur	Dimensions
Schilit et al. (1994) [6]	Où, qui, quoi
Ryan et al. (1997) [7]	Identité, temps, lieu et environnement
Hull et al. (1997) [8]	Identité de l'utilisateur, localisation, signes vitaux, qualité de l'air, disponibilité du réseau
Pasco et al. (1998) [9]	Physique et logique
Franklin et al. (1998) [10]	Actions de la personne
Abowd et al. (1999) [11]	Contexte primaire et secondaire
Chen and Kotz (2000) [12]	Informatique, physique, temps et utilisateur
Petrelli et al. (2000) [13]	Le contexte matériel et le contexte social
Gwizdka, (2000) [14]	Le contexte interne et le contexte externe
Klemke et al. (2000) [15]	Organisationnel, basé sur le contenu du domaine, personnel et physique
Gross (2001) [16]	Lieu, identité, temps, environnement ou activité
Hofer et al. (2002) [17]	Physique et logique
Antti (2002) [18]	Localisation, cible, calendrier, carnet d'adresses, utilisateurs à proximité, historiques, profil, direction et vitesse
Henricksen (2003) [19]	Détecté, statique, dynamique, dérivé
Prekop et al. (2003) [20]	Physique et logique
Mayrhofer (2004) [21]	Géographique, physique, organisationnel, social, émotionnel, utilisateur, tâche, action, technologique, temps
Wang et al. (2004) [22]	Niveau bas, niveau haut

Chen et al. (2004) [23]	Agents, temps, localisation, événements, profils utilisateur, actions et stratégies.
Brezillon et al. (2004) [24]	Contexte continu, énumératif, d'état et descriptif
Bunningen (2005) [25]	Opérationnel et conceptuel
Chaari et al. (2005) [26]	Profil de réseau, description / préférences de l'utilisateur, caractéristiques du terminal, localisation et environnement
Chang Xu (2005) [27]	Physique et logique
Razzaque et al. (2005) [28]	Contexte utilisateur, physique, réseau, activité, matériel et service
Miao et al. (2006) [29]	DéTECTÉ, profilé et dérivé
Guan et al. (2007) [30]	Niveau bas, niveau haut
Chong et al. (2007) [31]	Informatique, physique, histoire, identité et temps
Zimmerman (2007) [32]	Individualité, temps, lieu, activité et relation
Miraoui (2008) [33]	Informations de déclenchement, informations de qualité changeante
Arianti Kurti (2009) [34]	Profil de l'utilisateur, activité, localisation / environnement
Soylu (2009) [35]	Utilisateur et environnement
Zhong (2009) [36]	Utilisateur, système, environnement, social, temps
Tamine et al. (2010) [37]	Utilisateur, plate-forme et environnement.
Rizou et al. (2010) [38]	Bas niveau et haut niveau
Nageba E. (2011) [39]	Physique et abstrait
Kim et al. (2012) [40]	5W1H (qui, quand, où, quoi, pourquoi et comment)
Bin Guo (2013) [41]	Contexte individuel, social et urbain
Boughareb (2014) [42]	Dispositif, tâche, utilisateur, document, spatio-temporel, environnemental et événement
Ameyed (2016) [43]	Temps, espace et but.

3.2.1 Discussion

Schilit et al. [6] a catégorisé le contexte en trois entités conceptuelles reposant sur trois questions : (1) « où vous vous trouvez ? », qui inclut toutes les informations liées à l'emplacement, les noms communs ou spécifiques, les adresses et les préférences de l'utilisateur ; (2) « avec qui vous êtes ? », les informations sur les personnes présentes autour de l'utilisateur et (3) « quels sont les ressources à proximité ? », telles que les machineries, les objets intelligents et les utilitaires. Abowd et al. [11] ont introduit l'une des hypothèses les plus controversées de la définition de contexte. Ils ont considéré la localisation, l'identité de l'utilisateur, le temps et l'activité comme types de contexte primaire, tandis qu'ils définissaient le contexte secondaire comme étant le contexte pouvant être extrait à l'aide du contexte primaire. Pascoe et al. [9], Chang et al. [27], Hofer et al. [17] et Prekop et al. [20] ont divisé le contexte en deux catégories principales : le contexte physique pouvant être mesuré par les capteurs physiques et le contexte logique contenant des informations abstraites sur l'environnement ou les interactions, telles que l'état émotionnel de l'utilisateur, ses objectifs, etc.

De la même manière, Wang et al. [22], Guan et al. [30] et Rizou et al. [38] ont distingué deux catégories de contexte. Premièrement, le contexte de bas niveau et le contexte observable qui représente les informations pouvant être directement obtenues à partir de capteurs ou d'autres sources, et deuxièmement, le contexte de haut niveau ou les informations non observables qui doivent être déduites du premier type de contexte. Petrelli et al. [13] ont envisagé le contexte d'un point de vue différent, ils ont considéré la localisation, la machine, la plate-forme existante comme un contexte matériel, tout en identifiant les aspects sociaux ou la relation entre les individus en tant que partie du contexte social. En revanche, Gwizdka [14] a utilisé deux domaines principaux pour décrire le contexte. Le contexte interne qui comprend l'état de l'utilisateur et le contexte externe qui englobe l'état de l'environnement. Chaari [26] a ajouté d'autres éléments aux facettes de base du contexte dans des domaines d'application spécifiques : profil de réseau, description / préférences de l'utilisateur, caractéristiques du terminal, lieu et environnement. Nageba [39] a classé les éléments du contexte en composantes physiques telles qu'acteur, organisation, ressource, etc., et abstraites telles que processus, tâche, service, messages, paramètres, etc. Soylu et al. [35] ont proposé une représentation hiérarchique du contexte avec deux racines principales : utilisateur et environnement. Bunningen et al. [25] ont classé le contexte en deux catégories plus larges : opérationnelle et conceptuelle. La catégorie opérationnelle concerne la méthode d'acquisition et d'exécution du contexte. D'autre part, la catégorie conceptuelle ne s'intéresse qu'aux relations entre les contextes. Dans le même contexte, Zimmerman et al. [32] ont présenté une extension formelle du contexte à partir de cinq catégories fondamentales : individualité, temps, lieu, activité et relations. Bin Guo [41] a introduit de nouvelles dimensions de contexte qui impliquent un contexte individuel, social et urbain. Chen et al. [23] ont proposé un espace à quatre dimensions, réparties entre le contexte actif et passif, ces quatre dimensions étant l'informatique, le physique, le temps et l'utilisateur. Klemke et al. [15] ont présenté une topologie simple pour le contexte en se concentrant sur les aspects contextuels suivants : organisationnel, contenu basé sur le domaine, personnel et physique. Miraoui et al. [33] ont

organisé les informations contextuelles en deux classes : « informations de déclenchement dont le changement de valeur entraîne la libération automatique des services fournis par le système ubiquitaire et les informations de changement de qualité dont le changement de valeur entraîne le changement de format du service ». Brézillon et al. [24] ont proposé une catégorisation fondée sur les valeurs : contexte continu, contexte énumératif, contexte d'état et contexte descriptif. Kim et al. [40] mobilise 5W1H en tant qu'information minimale nécessaire pour traiter des informations contextuelles physiques et logiques. Qui (identité), où (lieu), quand (temps), quoi (activité), pourquoi et comment. Boughareb et al. [42] ont proposé une nouvelle taxonomie de contexte regroupant ce qu'ils considèrent comme toutes les dimensions possibles du contexte, telles que l'appareil, la tâche, l'utilisateur, le document, l'espace, l'environnement et l'événement. Franklin et al. [10] illustrent leur contexte en tant qu'actions de la personne. Lorsque cette action aura un synonyme très différent selon la situation dans laquelle elle est utilisée. Antti Aaltonen et al. [18] ont considéré le contexte comme un groupe de variables suivantes : localisation, cible et calendrier, carnet d'adresses, utilisateurs à proximité, historique, profil, direction et vitesse. Tamine et al. [37] a modélisé le contexte par le triplet : utilisateur, plate-forme et environnement. Henricksen [19] a proposé quatre catégories de contexte : les données acquises directement à partir de capteurs, les informations statiques ou permanentes qui ne changent pas dans le temps, les informations dynamiques qui changent dans le temps et les informations dérivées qui peuvent être obtenues à l'aide des trois premières catégories.

Une autre catégorisation proposée par [7, 8, 11, 16, 21, 25, 28, 29] répertorie les aspects du contexte comme combinaisons de trois, quatre ou six éléments de la composition suivante : géographique, environnement, organisation, social, émotionnel, utilisateur / identité, tâche, technologie, temps, événement, périphérique et historique.

3.3 Dimension du contexte médical

Comme pour la création de toute nouvelle stratégie, le processus de développement du contexte médical doit commencer par une compréhension claire du domaine de la santé. Cela nécessite d'aller au-delà des taxonomies trop communes qui ne fournissent pas un sens pratique du contexte. En raison de la complexité du contexte, nous avons constaté que la création d'un contexte personnalisé est une solution réalisable. Nous avons donc divisé le contexte médical en plusieurs modules. La structuration des informations contextuelles sous forme de catégories est très importante pour organiser la connaissance contextuelle. L'ensemble des informations contextuelles présentées ci-dessus montre clairement que ce qui est considéré comme contexte dépend de ce qui doit être décrit [45]. Par conséquent, les modèles proposés dans la section précédente offrent une structure générale qui devrait être étendue pour convenir au domaine médical. Un vocabulaire spécifique à un domaine peut augmenter le niveau d'abstraction et supprimer les ambiguïtés en spécifiant tous les concepts pertinents. La liste ci-dessous présente les entités de base répondant aux exigences d'un contexte médical.

3.3.1 Personne

Les personnes dans le domaine médical sont classées en fonction de leurs fonctions (par exemple, patients, médecins et sociales). Pour créer un tel contexte, nous devons d'abord identifier les rôles et les responsabilités de chaque personne, à condition que le patient reste le point central de la concentration, pour lequel toutes les actions et décisions sont dirigées [26]. Puisqu'un patient peut être caractérisé par ses attributs physiques et psychologiques, la catégorie de personne peut être subdivisée en paramètres physiques et paramètres psychologiques.

3.3.2 Profil

Le concept de personne est utilisé pour modéliser le profil de l'utilisateur dans le domaine médical. Le profil de la personne consiste en un ensemble de caractéristiques de base qui doivent être prises en compte par le développeur du système afin de fournir des soins de santé ubiquitaire adaptés aux besoins du patient (par exemple, démographiques, préférences). Le profil personnel du patient est nécessaire afin de réaliser automatiquement des adaptations répondant aux besoins de l'utilisateur [27].

3.3.3 Temps

Les applications médicales, notamment la surveillance à distance des patients, sont axées sur la communication de bout en bout en temps réel. Les systèmes informatiques doivent donc être conscients du temps nécessaire pour appuyer la décision urgente ou pour enregistrer certains événements. Habituellement, en télémédecine, les mesures de données sont utilisées pour une réponse immédiate basée sur une analyse en temps réel. Le temps, lorsqu'il est appliqué au transfert de données, peut configurer la réservation de bande passante dans les réseaux, permettant ainsi des analyses plus rapides, une faible latence pour un fonctionnement en temps réel et une livraison rapide des messages critiques [52]. De plus, Klein et al. [44] ont souligné l'importance de la synchronisation temporelle pour les applications sensibles au contexte afin de mieux comprendre la situation d'un utilisateur, car les informations contextuelles sont souvent agrégées à partir d'une multitude de capteurs physiques et virtuels.

3.3.4 Localisation

Outre les facteurs contextuels précédents, la détection de l'emplacement de l'utilisateur est considérée un besoin essentiel de tous les systèmes sensibles au contexte [43]. Grâce à la localisation, le suivi des patients devient plus facile et ils peuvent être transportés à un hôpital ou un centre médical en cas d'urgence. Cela aide à expliquer pourquoi les applications de soins de santé ubiquitaire nécessitent la détermination de l'emplacement du patient. La localisation fournit souvent une description beaucoup plus profonde, significative et identifiable des caractéristiques physiques du lieu pouvant avoir une incidence sur l'état de santé du patient (par exemple, l'altitude nuit à certains types de patients). Il existe trois manières différentes de représenter la localisation : 1) les coordonnées géographiques, 2) les espaces nommés (par exemple, la pièce) et 3) l'emplacement relatif (par exemple, la position d'un objet par rapport aux objets environnants) [46].

3.3.5 Activité

Il existe aujourd'hui une demande croissante de reconnaissance automatisée des activités humaines dans le domaine de la santé. Le suivi de la situation actuelle des utilisateurs dans l'espace intelligent permet d'étendre les applications avec de nouvelles fonctionnalités qui peuvent donner des résultats plus précis et cohérents. À l'appui de notre affirmation, nous allons donner un exemple. John est un patient doté d'un ensemble de capteurs biomédicaux permettant d'échanger les données de température et de pulsation avec le centre de service distant. Parfois, pendant la journée, John fait du sport, la température corporelle peut augmenter à cause de l'exercice. Dans le système conventionnel qui repose uniquement sur des facteurs physiques et qui ne prend pas en compte l'activité, le serveur ou l'entité de surveillance peut générer une fausse alerte, car il suppose qu'il existe un risque pour la santé du patient [51]. De plus, l'utilisation du contexte de l'activité pourrait être utile pour avertir

l'utilisateur s'il augmentait ses niveaux d'exercice de manière exagérée afin de prévenir les exacerbations ou les complications graves.

3.3.6 Technologie

Cette catégorie couvre toutes les machines construites par l'homme qu'il s'agisse d'une application matérielle ou logicielle. Cette dimension inclut les périphériques informatiques, tels que les assistants numériques personnels (PDA) ou les capteurs mobiles. Le contexte technologique ne se limite pas aux ressources informatiques, mais s'étend aux problèmes de connectivité et les caractéristiques de la plate-forme [11, 17], etc. Jaydip et al. [55] font référence à l'importance de la connectivité mobile ou de l'accès sans fil persistant et de la qualité de service (par exemple, la bande passante disponible) pour la fourniture de services de soins de santé.

En outre, ces technologies couvrent également les équipements biomédicaux utilisés par les patients. Il existe essentiellement trois types de dispositifs dans l'environnement médical [45]: (i) les équipements d'infrastructure fixes tels que le chauffage, la ventilation et la climatisation (ii) les équipements de soutien (par exemple stérilisation et désinfection microbiologiques, matérielle de laboratoire et instruments d'analyse) et (iii) matériel médical (moniteur de signaux vitaux comprenant la pression artérielle, les moniteurs cardiaques, la fréquence respiratoire, les oxymètres de pouls, la saturation en oxygène, la pression et la température) en plus de l'électrocardiogramme , défibrillateurs, ventilateurs et tomographie informatisés.

3.3.7 Environnement

L'environnement est un facteur important lors de la création des systèmes de surveillance pour aider les prestataires de soins de santé. Les systèmes de santé ubiquitaire doivent également reconnaître que de petits changements dans les facteurs environnementaux intérieurs ou extérieurs peuvent avoir un impact important sur le comportement du patient [47]. Ce contexte peut inclure l'humidité, la température, la pollution, la pression, etc. La progression de la maladie est liée à de nombreux facteurs environnementaux [48]. Par exemple, le temps froid et chaud peut irriter les symptômes chroniques de la maladie et poser un risque important pour les patients atteints de maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) [49]; l'exposition aux polluants atmosphériques peut également augmenter les risques de contracter une infection respiratoire aiguë [50].

3.3.8 Données en temps réel

Les données en temps réel incluent les signaux captés par un équipement biomédical ou un capteur environnemental. Les données en temps réel sont utilisées pour contrôler les conditions environnementales et physiques. D'une manière générale, nous pourrions prendre l'état mental dans la mise en œuvre d'un système de contrôle continu en ajoutant un ensemble de questionnaires auxquels ils répondent en utilisant un ensemble spécifié de réponses. En outre, cette catégorie comprend une multitude de sites qui disposent d'informations en temps réel sur la météo, l'air, l'eau et les satellites.

3.3.9 Historique

Les informations historiques contiennent tous les antécédents médicaux du patient et son suivi à long terme. En pratique, cette partie du contexte devrait contenir suffisamment d'informations sur les résultats de l'examen physique et des résultats de tests de diagnostic

antérieurs, sur les maladies de la famille, les médicaments réguliers et les médicaments de courte durée. Ce paramètre pourrait aider les professionnels de santé à prendre une décision appropriée [53]. De plus, l'utilisation du contexte historique pourrait améliorer les performances futures des systèmes de santé. En évaluant le contexte historique, nous avons constaté que ce concept (1) confère la possibilité de surveiller et de surveiller le traitement (2) offre la possibilité d'échanger des informations complètes sur la santé d'un patient. Cela conduit donc à une qualité de soins supérieure.

3.3.10 Maladie

Le contexte de la maladie est présenté comme une attribution causale décrivant les relations entre les symptômes, les causes et le traitement [54]. De même, pour présenter des services entièrement personnalisables en fonction du statut du patient, une classe de maladie humaine est nécessaire. Cette catégorie enrichira la taxonomie existante du contexte médical en liant les maladies à des médicaments appropriés, ce qui permettrait une administration efficace du traitement [54]. Une sous-classe de traitement est associée à plusieurs composants tels que le type de traitement, l'état et l'effet. En outre, le profil de la maladie peut comprendre une combinaison de gravité, de durée, de stade et de caractéristiques physiques, etc. [55].

3.3.11 Tâche

Essentiellement, les prestataires de soins utilisent le contexte pour effectuer des tâches ou des actions, et ils interagissent avec les patients pour contrôler des situations précaires ou suspectes. Par conséquent, la tâche est considérée comme un élément essentiel de la catégorisation proposée. Selon Lasier et al. [56], les tâches médicales comprendront quatre types différents : tâche de surveillance, tâche d'analyse, tâche de planification et tâche d'exécution. La relation entre ces tâches est régie par un ensemble de conditions exprimées à l'aide de règles.

3.3.12 Événement

L'événement peut faire partie de la tâche, mais nous préférons le définir en tant que concept indépendant pour détecter les événements attendus lorsqu'ils se produisent. Pour le dire plus simplement, on pourrait dire qu'un tel concept est très nécessaire en raison de la nature du système de soins de santé distant, qui prend en entrée les attributs physiques qui indiquent les conditions existantes pour effectuer l'analyse d'incidents plus complexes, par exemple l'exacerbation.

3.3.13 Organisation

Organisation de la santé est un terme générique qui désigne toute entité sanitaire (hôpital, clinique, etc.). L'organisation est responsable de la gestion et de la prestation des services de santé en prenant une décision, en exécutant des processus et en utilisant des ressources. Par exemple (1) définir et surveiller le processus de prestation des soins (2) d'affecter un prestataire de soins et du matériel médical lorsque cela est nécessaire pour un patient (3) gérer et allouer des ressources humaines et matérielles entre les services et (4) gérer collaboration avec d'autres centres [56].

3.3.14 Politiques

La catégorisation de contexte fournit un cadre conceptuel pour la compréhension du contexte au niveau de l'application. Par conséquent, ce contexte peut être davantage utilisé au niveau de l'application pour gérer les politiques. Ces politiques incluent la sécurité, l'intégrité, la confidentialité et la disponibilité, ainsi que la fin de la vie privée du patient. En raison de la nature sensible de ces informations, nous estimons qu'il est important de satisfaire aux exigences strictes en matière de confidentialité et de sécurité. La sécurité vise à garantir une transmission fiable des messages là où tous les systèmes

de sécurité devraient être équipés de mécanismes pouvant être utilisés pour résoudre l'erreur et acheminer des informations via des canaux bien protégés. De même, la confidentialité des informations est nécessaire pour établir des stratégies permettant à l'utilisateur et aux ressources d'attribuer des autorisations, par exemple, à qui appartiennent les informations de santé et à quel point leur accès est limité [55].

3.4 Synthèse

La catégorisation proposée est une combinaison de glossaire lié aux domaines dépendants et indépendants.

Tableau 10: Comparaison des catégorisations de contexte existantes

	Personne	Profil	Technologie	Environnement	Activité	Tâche	Événement	Maladie	Temps	Localisation	Organisation	Données en temps réel	Historique	Politiques
[6]	Y	N	Y	N	Y	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
[7]	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N
[8]	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
[9]	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[10]	Y	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[11]	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N
[12]	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N
[13]	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
[14]	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
[15]	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N
[16]	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N
[17]	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[18]	Y	Y	N	Y	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	N
[19]	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[20]	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[21]	Y	N	Y	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N
[22]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y	N	-	-
[23]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	Y
[24]	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[25]	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[26]	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
[27]	Y	-	Y	-	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[28]	N	N	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N
[29]	-	Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[30]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[31]	Y	-	Y	Y	-	-	N	N	N	Y	-	-	Y	-
[32]	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
[33]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[34]	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	Y	N	N	N	N	N
[35]	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

[36]	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N
[37]	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
[38]	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[39]	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N
[40]	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N
[41]	Y	N		Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
[42]	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	N
[43]	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N

Notre contexte dans les soins de santé comprend la personne, le profil, le temps, la localisation, l'environnement, la technologie, l'activité, l'organisation, les données en temps réel, l'historique, la tâche, l'événement, la maladie et les politiques. Cette partie fournit une comparaison entre la catégorisation existante commune du contexte. En conséquence, quatorze modules ont été considérés comme le critère principal pour évaluer l'efficacité de cette catégorisation.

Ces critères mettent en évidence certaines des composantes importantes du contexte qui doivent être prises en compte lors du choix de représenter les connaissances dans le domaine médical. Dans le tableau ci-dessus, nous avons utilisé "Y" pour désigner le type de contexte pris en charge, "-" lorsque ce type de contexte n'est pas explicitement indiqué par l'auteur et "N" pour indiquer le contexte non pris en charge. Comme on peut le voir dans le tableau 4, aucune des catégorisations disponibles couvre toutes les entités qui doivent être trouvées dans le contexte médical. Quelques-unes de ces taxonomies peuvent répondre partiellement aux paramètres de contexte du domaine médical. Certains de ces projets [7, 11, 12, 16, 21, 39] ne présentent que les éléments de base du contexte tels que l'heure, le lieu, l'environnement et l'activité, tandis que d'autres ne peuvent pas être appliqués à l'environnement mobile [8, 9, 10, 14, 15, 17, 20, 21, 27, 29, 34, 37, 39 et 41]. De même [13, 18, 22, 23, 25, 26, 30, 31, 32, 33], ne conviennent pas aux applications médicales en raison de l'absence de composants essentiels, tels que la tâche, les données, le réseau et les caractéristiques du dispositif. Ainsi, toutes ces propositions ne fournissent toujours pas de cadre efficace pour couvrir le contexte médical. Il existe des éléments tels que les maladies, les politiques qui ne sont couverts par aucun des contextes proposés. L'avantage de notre taxonomie réside dans le fait que les terminologies fournies commencent à créer un contexte

à partir de la racine médicale, comme indiqué dans la recommandation initiale. L'utilisation d'une combinaison d'entités ou de termes de taxonomie crée un ensemble réutilisable de références à des termes relatifs à divers types de contenu de maladies. Par conséquent, en fonction de la catégorisation référencée, nous pouvons répondre à toutes les exigences du contexte médical. Dans la section suivante, nous verrons comment cette catégorisation peut être utilisée pour attribuer une partie des composants associés à la maladie de la MPOC.

3.5 Étude de cas : le contexte médical de la MPOC

Pour motiver l'utilisation de notre modèle, nous présentons ci-dessous un exemple de contexte en tant que type de maladie chronique. Le contexte de la MPOC est conçu pour fournir aux patients des plans de soins personnalisés à partir d'identifier les symptômes, les facteurs de risque et l'autogestion. La représentation graphique ci-dessous (Fig. 15) contient le contexte de la MPOC. Ces composants spécifiques peuvent être compatibles de manière interchangeable avec tout type de maladie chronique.

Les éléments de contexte répertoriés dans ce cluster sont des représentations spécifiques des entités liés à la MPOC. Nous devons mentionner ici que ces informations contextuelles ne sont pas destinées à fournir une représentation exhaustive du contexte de la MPOC, mais simplement à montrer les instances des éléments de contexte dans ce domaine. Dans la pratique, la MPOC pourrait être un exemple pertinent lors de la conception d'un système de surveillance dans le domaine de la santé.

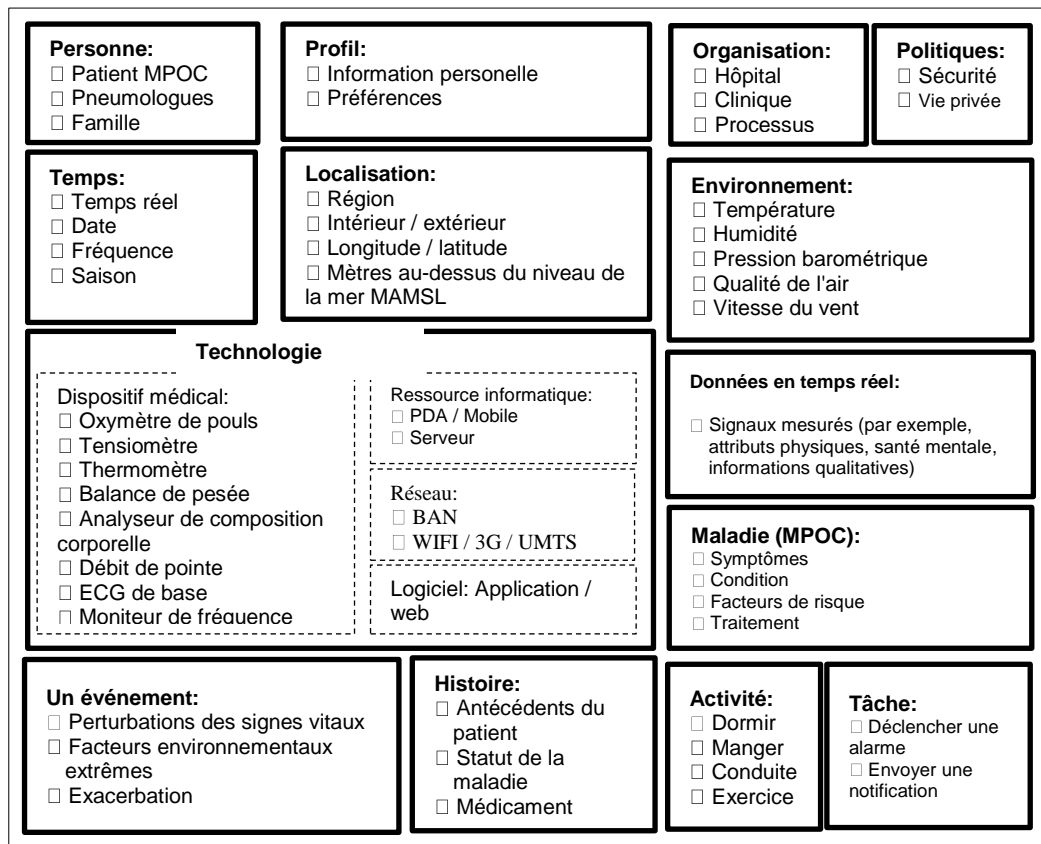


Figure: 15 Contexte de la MPOC

Cette implémentation est utilisée pour identifier dans quelle mesure l'approche taxonomique actuelle peut générer des services de télémédecine adaptés aux besoins des patients. La structure du contexte de la MPOC comprend un groupe de 14 entités utilisées pour analyser ce problème de santé spécifique. Dans ce travail, nous avons créé un contexte personnalisé basé sur 14 types de concepts qu'un système intelligent devrait prendre en compte lors du raisonnement sur un contexte de MPOC. Ainsi, la figure 15 fournit une vue plus claire et plus approfondie du domaine de la MPOC. La figure reflète notre façon de lire, notre perception et notre compréhension de la structure hiérarchique typique des catégories de contexte.

Chacune de ces catégories comporte plusieurs sous-catégories qui conservent une liste d'éléments de contexte internes. Le contexte personne contient le patient qui est le point central du contexte médical, à côté du médecin et du membre de la famille. Le contexte de profil inclut des informations personnelles sur le patient atteint de MPOC et ses prestataires de soins. Le contexte temporel peut comprendre le temps actuel pour intervenir en temps voulu, ainsi que les termes liés à la date et aux saisons. Le contexte géographique peut être un lieu extérieur ou intérieur tel que la maison, le bureau, un parc, etc. Le contexte technologique est le réseau omniprésent de technologies qui entoure les personnes, auquel s'ajoutent les dispositifs médicaux permettant de surveiller les signes vitaux humains, tels que la température corporelle, la fréquence cardiaque, taux de respiration, pression artérielle, oxygénation du pouls et glycémie. Le contexte environnemental contient tous les facteurs qui affectent les patients atteints de MPOC, tels que la température, l'humidité, la pression barométrique, la qualité de l'air et la vitesse du vent. Le contexte des activités va des activités quotidiennes à la maison (manger, dormir) à la conduite ou aux voyages. Le contexte des événements est très important pour détecter les situations anormales et les exacerbations soudaines. Le contexte de la tâche peut être utile pour décrire le processus de surveillance, déclencher des événements ou fournir des recommandations. Le contexte de la maladie comprend les symptômes, les caractéristiques, les facteurs de risque et le traitement de la MPOC. Des antécédents sont nécessaires pour enregistrer le profil de santé du patient (diagnostic, tests de laboratoire, analyses) en plus du traitement appliqué. Les données en temps réel sont constituées des données instantanées, par ex. attributs physiques, santé mentale. Le contexte des politiques établit les exigences en matière de confidentialité et de sécurité qui sont considérées comme l'un des piliers les plus importantes des services médicaux, tant traditionnels que modernes.

Ces points de référence sont valables pour tout type de maladie, car seuls les contenus internes des principaux paramètres de contexte doivent être modifiés. Par exemple, si nous voulons utiliser ce régime sur le diabète plutôt que sur la MPOC, tout ce dont nous avons besoin est de modifier les outils médicaux utilisés, ainsi que les facteurs physiques et environnementaux connexes, il en va de même pour les autres maladies.

3.6 Conclusion

Étant donné que les entités du monde réel et leurs relations sont essentielles pour décrire des événements et des situations, l'identification d'une liste complète du contexte médical devient un élément important pour la création de systèmes de soins de santé à distance. Ces travaux ont permis d'établir une base solide pour les éléments de base du contexte médical dans lesquels nous avons proposé une catégorisation générale non biaisée. Cette dernière offre un moyen systématique d'identifier et de représenter le contexte médical. Dans cet article, nous avons effectué une analyse détaillée pour déterminer les différentes dimensions du contexte.

Ce travail dissèque le domaine médical en un ensemble de concepts. Ces concepts peuvent être utilisés comme termes généraux pour la conception de services de santé modernes. Des recherches récentes ont identifié la localisation, l'environnement, le temps, la personne et l'activité comme étant les paramètres les plus cruciaux pour décrire des choses du monde réel. Notre taxonomie du contexte médical repose sur quatorze composants qui, outre les paramètres précédents, contiennent également d'autres éléments tels que la tâche, l'historique, les données, l'événement, la maladie, l'organisation et les politiques. Cette nouvelle catégorisation constituerait une ligne directrice et une stratégie efficace pouvant aider

les développeurs à trouver la structure de leur contexte. L'organisation du contenu contextuel est une question importante à prendre en compte lors de la création d'un système de prise en compte du contexte dans les soins de santé. Par exemple, la catégorisation aidera les concepteurs de systèmes à sélectionner les paramètres nécessaires dans les applications médicales. Cette étude apporte une contribution supplémentaire au domaine de l'informatique ubiquitaire. Pour les travaux futurs, nous continuerons d'explorer comment le concept de catégorisation du contexte peut fournir davantage de fonctionnalités au système sensible au contexte.

CHAPITRE 4

MODÈLE FONDÉ SUR L'ONTOLOGIE POUR LA PRISE EN CHARGE DES SYSTÈMES DE SANTÉ UBIQUITAIRES POUR LES PATIENTS ATTEINTS DE LA MPOC

Hicham Ajami * et Hamid Mcheick

Département d'Informatique et de Mathématiques, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC G7H
2B1, Canada; hamid_mcheick@uqac.ca

*Correspondance: hicham.ajami1@uqac.ca

Résumé : Au cours des 30 dernières années, les technologies de l'information ont progressivement transformé la manière dont les soins de santé sont fournis aux patients. La maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) est une maladie incurable qui menace la vie de millions de personnes à travers le monde. L'énorme quantité d'informations médicales liées à cette maladie rend la représentation des données plus difficile. Cette étude a examiné la manière dont les normes sémantiques formelles pourraient être utilisées pour créer un référentiel de connaissances d'ontologie afin de fournir des soins de santé ubiquitaires et des recommandations médicales aux patients atteints de MPOC afin de réduire les risques. La contribution originale du cadre suggéré réside dans l'approche de surveillance centrée sur le patient, pour cela nous travaillons à la création de services de protection adaptatifs et dynamiques en fonction du contexte du patient. Ce travail met en œuvre une approche modulaire séquentielle consistant en un patient, une maladie, une localisation, des dispositifs, des activités, un environnement et des services afin de fournir des soins médicaux personnalisés en temps réel aux patients atteints de MPOC. Les principaux avantages de ce projet sont les suivants : (1) procurer des limites de sécurité dynamiques pour les signes vitaux; (2) évaluer les facteurs de risque environnementaux ; et (3) évaluer les activités quotidiennes du patient par le biais d'événements programmés afin d'éviter des situations potentiellement dangereuses. Cette solution implémente un ensemble d'ontologies interdépendantes avec une base logique de règles SWRL (langage de règles pour le web sémantique) dérivées des recommandations médicales en littérature et de pneumologues pour gérer toutes les situations contextuelles.

Mots-clés: ontologie; applications sensibles au contexte; système de soins de santé; maladie pulmonaire obstructive chronique.

4.1 Introduction

La lutte contre la maladie et la protection de la santé sont des questions essentielles pour assurer la continuité de l'espèce humaine. Malgré les progrès remarquables réalisés dans le diagnostic et les méthodes de prévention, la médecine est toujours impuissante face à de nombreuses maladies qui touchent des millions de personnes chaque année [1, 2]. Selon des rapports récents de l'organisation mondiale de la santé, 12,6 millions de personnes meurent chaque année à cause de maladies chroniques [3]. En outre, l'étude de la charge mondiale de morbidité (GBD) [4] et les statistiques sanitaires mondiales 2016 [5] s'attendent à ce que la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) devienne la troisième cause de mortalité dans le monde d'ici 2030.

MPOC est un grave trouble pulmonaire, qui peut être décrit comme une obstruction progressive des voies respiratoires. Au fil du temps, les voies respiratoires des patients MPOC se bouchent de façon permanente, ce qui s'accompagne toujours de multiples morbidités et de complications dangereuses entraînant un décès prématuré [6]. Les références médicales indiquent que la gestion optimale de la MPOC comprend trois aspects principaux: premièrement, promouvoir l'autogestion afin de réduire l'exposition aux facteurs de risque susceptibles d'aggraver les symptômes de la maladie; deuxièmement, optimiser le plan de traitement; et troisièmement, prédire les exacerbations [7]. Ainsi, de nouveaux systèmes de santé sont nécessaires pour assurer une surveillance constante et périodique des patients atteints de MPOC. Au cours des dernières années, de nombreux projets se sont concentrés sur la recherche liée aux soins de santé omniprésents pour surveiller les patients en dehors des hôpitaux. Cependant, il est difficile de définir des normes statiques qui répondent aux besoins de tous les patients dans des environnements aussi volatils. De plus, les décisions et

la gestion des urgences dépendent généralement de l'aptitude du personnel médical impliqué dans le système de santé.

L'ontologie est l'une des solutions proposées pour traiter de gros volumes de données. L'ontologie, en tant que connaissance partagée, intègre les concepts de domaine pertinents et leurs relations associées [8]. Ce travail propose un cadre corps-environnement intelligent utilisant une approche basée sur une ontologie pour identifier l'état de santé du patient et permettre une intervention rapide. L'originalité du système proposé réside dans la surveillance et le contrôle intelligent des modifications dynamiques des paramètres physiologiques et environnementales. Nous travaillons à créer des intervalles de sécurité adaptatives et personnalisés pour les signes vitaux, où les valeurs normales des biomarqueurs du patient dépendent du profil, de l'effort physique et parfois des conditions météorologiques. Par conséquent, il existe un besoin important de développer une représentation complète des connaissances pour capturer le contexte réel du patient afin d'éviter un diagnostic erroné, en plus de permettre une reconfiguration dynamique du seuil des troubles de la santé. Les facteurs environnementaux sont également l'un des déclencheurs de la MPOC, dans lesquels l'exposition à des éléments dangereux tels que des niveaux inappropriés d'humidité ou de température, des polluants atmosphériques ou des concentrations anormales d'oxygène peut menacer la santé des poumons du patient. Ce processus d'identification des risques externes est réalisé grâce à l'utilisation de capteurs spatiaux basés sur des coordonnées géographiques afin de protéger les patients atteints de MPOC des risques environnementaux, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur. L'évaluation de l'activité quotidienne des patients atteints de MPOC est une caractéristique importante qui aiderait les patients à éviter les situations potentiellement dangereuses. Par exemple, les événements planifiés permettent au système de détecter le niveau de risque impliqué dans la réalisation d'une activité. D'autre part, ces flux d'informations médicales fourniront aux médecins un soutien décisionnel supplémentaire qui leur permettra d'arriver à un diagnostic rapide afin d'évaluer le plan de traitement proposé. Dans la pratique, un tel cadre intelligent implémente des ensembles d'ontologies

interdépendants reposant sur une base logique de règles SWRL dérivées des directives médicales pour traiter toutes les situations contextuelles. En bref, ce travail présente une solution de soins de santé à distance pour la MPOC, qui est un système basé sur une ontologie pour les événements et les environnements hostiles, destinée à fournir aux patients des aides en temps réel et aux spécialistes de la santé un soutien décisionnel efficace.

Le document est structuré comme suit. Dans la Section 2, nous passons en revue les travaux pertinents dans le domaine de la MPOC, surtout les modèles fondés sur l'ontologie. Dans la Section 3, nous proposons notre ontologie de la MPOC (COPDology). Dans la Section 4, nous expliquons certains aspects de la réalisation et du raisonnement. Enfin, cette étude est conclue à la Section 5.

4.2 Travaux connexes

Récemment, la MPOC suscite un intérêt croissant. La plupart des études portent sur les causes [9], les symptômes [10], le diagnostic [11], la prévention [12], le traitement [13], le nombre de patients [14] et les coûts économiques [15]. D'autre part, peu d'études statistiques examinent l'évolution de la maladie avec et sans cesser de fumer [16]. Le premier système de surveillance de la MPOC a été développé par [17]. Ce projet envoie la saturation en oxygène au sang et la fréquence cardiaque à des spécialistes via le circuit téléphonique traditionnel. Dans un travail similaire, Souf et al. [18] a proposé un modèle simple où l'infirmière équipée par les appareils médicaux et électroniques rend visite mensuellement à des patients pour fournir une assistance à distance. Trappenburg et al. [19] ont expliqué comment les patients répondent manuellement aux questionnaires quotidiens pour faciliter le suivi. Kuilboer et al. [20] ont présenté une bonne tentative pour aider les prestataires de soins à traiter les patients atteints de MPOC. Ils ont proposé un modèle simple de prise de décision basé sur des données spécifiques au patient obtenues à partir de dossiers de santé électroniques. Ce travail vise à améliorer la décision initiale du pneumologue de se conformer aux directives de la MPOC.

La télémédecine dans la MPOC est le principal domaine de recherche de nombreuses études telles que celles menées par Mokhtar et al. [21], Rosso et al. [22] et Song et al. [23]. Ces auteurs ont présenté des systèmes de suivi en temps réel pour gérer le plan de traitement à la maison. Les solutions de surveillance à distance visent à mesurer de manière continue ou intermittente divers paramètres physiologiques. Mokhtar et al. ont développé un système de recommandation pour intervenir lors d'une situation d'urgence qui sont associés à des conditions instables. La prise de décision est structurée d'une façon hiérarchique, où les règles de notifications sont basées entièrement sur les lignes directrices classiques. Song a proposé un programme d'entraînement pour réhabiliter les patients atteints de la MPOC. Ce programme suit les paramètres de sécurité tels que la saturation en oxygène, la pression artérielle, et le rythme cardiaque. La gravité de cette maladie nécessite de nouvelles méthodes d'intervention pour prévenir les exacerbations et les comorbidités. À cet égard, de nombreuses méthodologies ont émergé pour guider les plans thérapeutiques cliniques. Rosso a créé une plate-forme de gestion qui utilise des dispositifs de surveillance pour fournir des soins de santé à distance pour les patients atteints de maladie chronique et qui vivent dans des zones isolées, à partir une infrastructure de capteurs portables. Dans ce projet (CHRONIUS), il y a plusieurs niveaux de soutien à la décision. Le premier niveau est un processus en temps réel dédié à avertir le personnel médical lorsque certains paramètres vitaux sont anormaux, tandis que le second niveau peut être utilisé hors ligne pour fournir une évaluation du statuts, tels que l'historique et les données de laboratoire pour proposer des procédures possibles. Mais similaire au cas précédent, le moteur de raisonnement responsable de la liaison entre la gestion de la performance et la planification organisationnelle n'est pas divulgué. Alternativement, Lasierra [24] a proposé une approche pour fournir une gestion clinique à un niveau plus profond et plus personnel dans des scénarios de surveillance à domicile. Lasierra a développé une solution ontologique capable de présenter un large éventail de services tels que la surveillance de l'état de santé, les alertes en temps réel et les rappels. En revanche, Jung et al. [25] ont présenté un cadre contextuel peut être exécuté sur un système portable et dans un environnement informatique ubiquitaire. Paganelli et al. [26] ont proposé un modèle

contextuel basé sur un intergiciel orienté ontologie, fournissant un cadre d'application réutilisable et extensible pour la surveillance et l'assistance des patients à domicile. Pitta et al. [27] ont utilisé des questionnaires subjectifs et des capteurs de mouvement pour quantifier la quantité d'activité physique réalisée par les patients atteints de MPOC dans la vie quotidienne.

Dans le même contexte, certaines recherches intéressantes ont abordé le sujet d'un point de vue plus vaste et plus profonde. El-Sabbagh et al. [28] ont proposé une ontologie de niveau supérieur pour gérer les termes cliniques dans la Nomenclature Systématique de la Médecine — Termes Cliniques (SNOMED CT) et soutenir les initiatives de qualité basée sur l'Ontologie pour la Science Médecine générale (OGMS). Pasquale et al. [29] ont développé un système multi agents pour soutenir la prestation de soins de santé à distance. Le cadre proposé est compatible avec le niveau de santé international de niveau 7, décrivant les informations relatives aux patients et aux services sur la base des directives de HL7. Les auteurs ont tenté d'intégrer les agents d'échange de données et les agents de sécurité afin de gérer différents formats de données et fournir des services médicaux sécurisés.

Bhatt et al. [30] ont fourni l'extraction automatique de sous-ontologies valides, dirigée par l'utilisateur. Ce projet a utilisé le profil avancé pour réduire le coût d'extraction à partir d'une ontologie complexe et de grande taille. Bhatt a conçu un système prototype (ontoMove) pour développer des applications dans le domaine des systèmes d'information médicale à l'aide de normes Web sémantiques tels que le cadre de description de ressources (RDF), le schéma RDF et la source de connaissances de langage médical unifié (UMLS) du langage W3C Web Ontology Language (OWL). Farfan et al. [31] a proposé le système XOntoRank pour permettre la recherche de mots clés XML prenant en compte les ontologies dans les dossiers médicaux électroniques.

Contrairement à ces approches qui utilisent l'ontologie seulement pour améliorer la gestion de services médicaux, nous abordons l'aspect pratique du problème de la MPOC en utilisant une base de connaissances ontologique générale pour promouvoir l'autonomie des patients.

Au moment de la rédaction de ce document, il n'y avait aucune ontologie médicale capable de fournir un service de santé omniprésent avec des propriétés sémantiques dans le domaine de la MPOC. Selon cette affirmation, un modèle ontologique extensif avec des règles SWRL ont été créé pour réaliser un système de suivi et d'aide à la décision pour la MPOC.

4.3 Modèle proposé

Comme le montre la Figure 16, ce modèle est composé de quatre couches: une couche d'acquisition de données, une couche sémantique, une couche de traitement et une couche d'application.

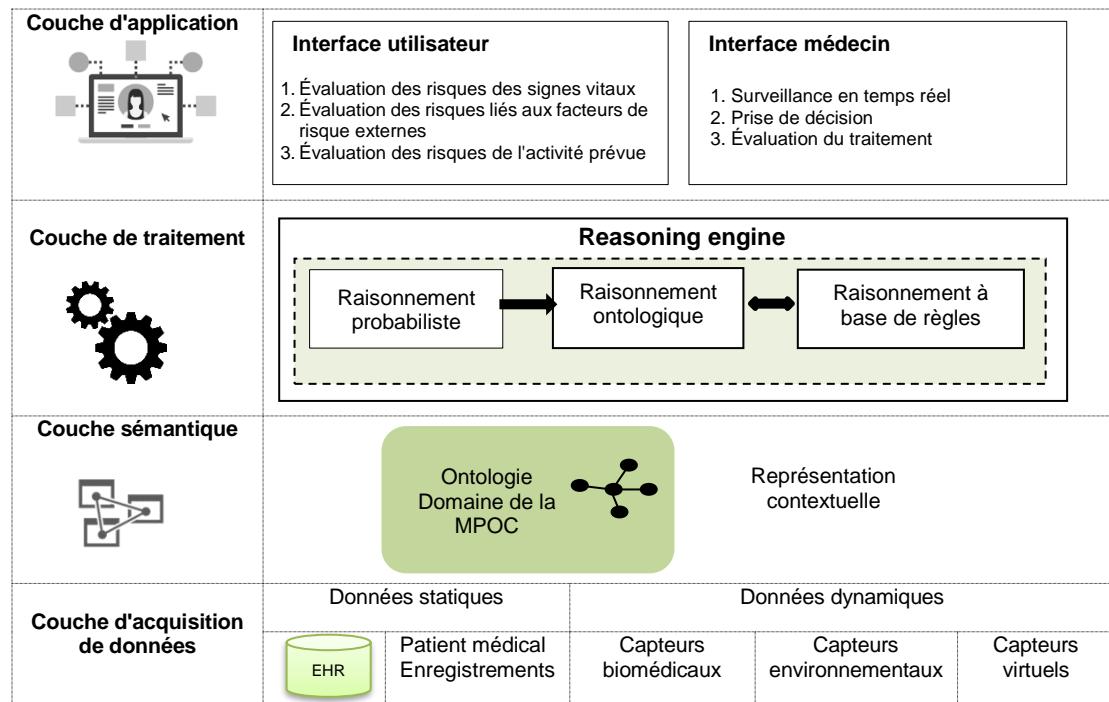


Figure: 16 Le cadre du système d'aide à la décision pour la MPOC

4.3.1 Couche d'acquisition de données

La couche d'acquisition est principalement utilisée pour collecter et transmettre les données statiques et dynamiques du domaine de la MPOC; cette couche comprend le profil médical du patient, les paramètres physiologiques en temps réel et les informations environnementales provenant de nœuds de surveillance portables ou fixes. Ces informations combinées constituent tous les facteurs liés à la MPOC. Des études médicales indiquent que de nombreux facteurs de risque favorisent l'apparition de la MPOC:

4.3.1.1 Facteurs démographiques

- Âge: Le vieillissement est souvent associé à une faiblesse progressive des fonctions corporelles. Une analyse statistique utilisant des données cliniques de 28 pays indique que la prévalence de la MPOC approche le seuil de 12% chez les personnes de plus de 40 ans [7].
- Sexe : Comme nous le savons, certaines maladies sont plus courantes chez les hommes que chez les femmes ou l'inverse. Le genre joue un rôle important dans la MPOC, où la prévalence est doublée chez les hommes par rapport aux femmes.
- Race: La prévalence de nombreuses maladies diffère selon la race et l'origine ethnique. Des recherches récentes révèlent que l'ethnicité peut influencer sur le développement de la MPOC chronique [14].
- Pays de résidence : Le rapport de l'organisation mondiale de la santé sur la MPOC au cours de la dernière année montre que la plupart des décès par MPOC surviennent dans des pays à revenu faible ou intermédiaire [14].

4.3.1.2 Facteurs physiologiques

La perturbation de certains signes vitaux peut provoquer des complications et pourrait indiquer une aggravation de la maladie. En conséquence, tous ces paramètres physiologiques doivent être évalués et observés régulièrement [13]. Le Tableau 1 contient tous les paramètres physiques qui doivent être mesurés.

Tableau 11 : Liste des paramètres physiologiques

Albumine	Créatinine	Taux de filtration glomérulaire
Consommation d'oxygène	Hématocrite	Niveau de PH
Pression systolique	Saturation d'oxygène	Glucose
Niveau de sodium	Pression diastolique	PaO2
Urée sanguine	Taux de respiration	FEV1
Température	Rythme cardiaque	PaCo2

4.3.1.3 Facteurs psychologiques

Des recherches récentes ont montré qu'il y a un lien étroit entre la MPOC et les troubles mentaux [16]. Ces études ont indiqué que l'anxiété, le stress et la dépression étaient associés de manière significative à une réponse médiocre au traitement et pouvaient entraîner une augmentation du nombre d'hospitalisations [12].

4.3.1.4 Facteurs environnementaux

- Air ambiant: l'air ambiant a été considéré comme un facteur de risque de MPOC [32], car la concentration des composants de l'air (O2, CO2, He, etc.) doit être proportionnelle à l'état du patient.

- Météo: les conditions météorologiques sont également l'un des facteurs pouvant déclencher les symptômes de la MPOC. Selon [32], la température et l'humidité extrême, la pression atmosphérique, les précipitations et le refroidissement éolien ont un impact direct sur la vie du patient.

- Pollution de l'air: une exposition à court et à long terme à la pollution de l'air intérieur et extérieur a des effets néfastes et peut induire une exacerbation aiguë de la MPOC. Il existe une longue liste de polluants atmosphériques, tels que l'arsenic, le monoxyde de carbone, le nickel, le chrome, etc. [33].

4.3.1.5 Activité physique

L'exercice régulier fait partie d'une vie saine, où un exercice modéré peut améliorer les symptômes de la MPOC et aider les organes à mieux utiliser l'oxygène. D'autre part, un exercice excessif peut nuire au patient MPOC [34].

4.3.1.6 Le tabagisme

Comme on le sait maintenant, la principale cause de la MPOC est le tabagisme à long terme, qui endommage les sacs aériens, les voies respiratoires et la muqueuse des poumons [9]. Dans ce contexte, nous devons prêter attention au tabagisme passif, qui n'est pas moins nocif que le tabagisme actif [15].

4.3.1.7 Comorbidités

Les comorbidités peuvent être définies comme d'autres problèmes chroniques qui coexistent indépendamment avec la MPOC. Il existe un ensemble de comorbidités couramment associées à la MPOC, notamment les maladies coronariennes, le diabète sucré, l'insuffisance cardiaque, le cancer du poumon, l'ostéoporose et la faiblesse musculaire [35]. Les comorbidités de la MPOC peuvent avoir un effet défavorable sur le stade de la maladie et peuvent entraîner une mort prématurée.

4.3.1.8 Nourriture

Certains aliments et boissons peuvent exacerber les symptômes de la MPOC, pour cela il est important d'éviter les aliments susceptibles d'aggraver cet état [34].

4.3.1.9 Histoire

Les antécédents peuvent être considérés comme un facteur de risque d'exacerbations ultérieures de la MPOC, pour lesquels des études cliniques [11, 33] confirment que les patients ayant des antécédents d'exacerbations sont plus susceptibles que d'autres.

4.3.2 Couche sémantique (ontologie)

La formalisation sémantique est souvent utilisée pour interpréter des informations complexes qui rendraient ces informations utiles et accessibles aux machines [36]. Utiles et accessible signifie qu'il est possible de faire des requêtes basées sur le but des données. L'ontologie est considérée comme l'une des structures sémantiques les plus riches pour faciliter la représentation, l'intégration et le raisonnement.

L'ontologie a été définie à l'origine comme une « spécification explicite d'une conceptualisation » [37]. Au début de 1997, Borst considérait l'ontologie comme une « spécification formelle d'une conceptualisation partagée » [38]. Actuellement, ces définitions sont généralement acceptées par les experts en ontologie. Dans cet article, nous adoptons la définition de Studer [39] qui a fusionné ces deux propositions, affirmant que l'ontologie est « une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée » [40]. Une conceptualisation est considérée comme un modèle abstrait pour créer une représentation simplifiée du monde réel basé sur des objets, des concepts et des entités, ainsi que sur leurs relations dans le domaine ciblé. Explicite signifie que toutes les concepts et les contraintes utilisés sont clairement définis pour éviter les erreurs d'interprétation, ce qui pourrait empêcher

la compréhension des symboles selon la conceptualisation à laquelle nous nous engageons [40]. En principe, nous pouvons explicitement spécifier une conceptualisation de deux manières: par extension et par intensité. La troisième caractéristique de la définition adoptée est la formalité, qui nécessiterait que l'ontologie soit lisible par machine. Partagé signifie qu'une ontologie n'est pas une connaissance privée, construite pour très peu de personnes, mais une connaissance consensuelle acceptée par un groupe ou une communauté.

4.3.2.1 Classifications d'ontologie

La classification des ontologies a été largement abordée dans la littérature. Dans ce contexte, Roussey [41] déclare « qu'il est important de distinguer ces différents types d'ontologies afin de clarifier leur contenu, leur utilisation et leur objectif ». Le tableau 2 présente les classifications proposées au cours des trois dernières décennies.

Tableau 11: Classification de l'ontologie

Auteur	Métriques de classification	Types
Mizoguchi (1995)	Typologie	Contenu (ontologies de tâche, de domaine et générale), communication, indexation et méta-ontologies
	Formalité	Ontologies hautement informelles, informelles structurées, semi-formelles, rigoureusement formelles
Uschold (1996)	Objectif	Communication entre les humains, interopérabilité entre les systèmes, avantages de l'ingénierie système
	Sujet	Domaine, tâche / méthode / résolution de problèmes, représentation / méta-ontologie
Heijst (1997)	Type de structure de la conceptualisation	Ontologies de modélisation terminologique, d'information et de connaissance
	Le sujet de la conceptualisation	Ontologies de représentation, génériques, de domaine et d'application
Guarino (1998)	Niveau de dépendance à une tâche particulière	Ontologies de niveau supérieur, de domaine, de tâche et d'application
Jurisica (1999)	Nature du problème	Ontologies statiques, dynamiques, intentionnelles et sociales
Pérez (1999)	Contenu	Ontologies de tâches, domaines et représentations
	Problème de la conceptualisation	Ontologies d'applications, de domaines, génériques et de représentation
Sowa (2000)	Niveau d'axiomatisation	Ontologies terminologiques et formelles
Lassila (2001)	La richesse de la structure interne	Vocabulaire contrôlé, glossaire, thésaurus, hiérarchies de termes, hiérarchies strictes de sous-classes, cadres, ontologie avec restrictions de valeur, ontologie avec contraintes logiques
Fensel (2003)	Niveau de généralité	Ontologies génériques, de représentation, de domaine, de méthode et de tâche.

Ruiz (2006)	Génie logiciel	Ontologies de domaine et ontologies comme artefacts logiciels
Berdier (2007)	Formalisation	Très informel, semi-informel, semi-formel et rigoureusement formel
	Expressivité	Ontologies lourdes et Leger
	Objectif	Ontologies d'application et de référence
	Spécificité	Ontologies génériques, noyau et domaine
Obrst (2010)	Niveau de généralité	Ontologies de niveau supérieur, intermédiaire et de domaine
Roussey (2011)	Expressivité et formalité	Ontologies informationnelles, terminologiques, logicielles et formelles
	Portée des objets	Ontologies de base, générale, de référence centrale, de domaine, de tâche et locale ou d'application

La première classification connue a été apportée par Mizoguchi et al. [42] en 1995 qui proposait quatre types d'ontologies: des ontologies de contenu permettant de réutiliser les ressources de connaissance disponibles; des ontologies de communication dédiées à la prise en charge formelle du partage des connaissances; les ontologies d'indexations pour extraire les cas sources similaires aux cas cibles; et des méta ontologies qui peuvent être utilisées en tant que schéma de connaissances pour fournir une description générale des abstractions de haut niveau.

Dans une extension parallèle, Uschold [43] a défini trois dimensions clés pour les ontologies: la formalité, le but et le sujet. Plus tard, en 1997, Heijst [44] a présenté les types d'ontologies de deux manières différentes: la première en fonction de la quantité et du type de structure de la conceptualisation et la seconde en fonction du sujet de la conceptualisation. Guarino [45] a introduit une classification intéressante, dans laquelle il a distingué les ontologies par leur niveau d'abstraction et de dépendance, conduisant à quatre types principaux d'ontologies constituant la base de son ontologie. La première catégorie comprend l'ontologie de niveau supérieur, qui décrit des concepts de base pouvant être communs à tous les domaines de la connaissance. Ontologie de domaine est destiné à augmenter le vocabulaire de l'ontologie générale afin d'établir une corrélation solide entre le vocabulaire et un domaine spécifique tel que la santé, les entreprises, etc. avec la possibilité de réinvestir une telle représentation avec différentes tâches dans le même domaine. Les ontologies de tâches spécifient le glossaire lié à une tâche ou à une activité générique. L'ontologie de

l'application est initialement conçue pour aborder des tâches spécifiques avec une explication plus détaillée des entités de domaine.

Jurisica [46] a cherché à classer les ontologies existantes en fonction de la nature du problème (ontologies statiques, dynamiques, intentionnelles et ontologies sociales). De même, Sowa [47] a différencié les ontologies formelles des ontologies terminologiques par le niveau d'axiomatisation. Lassila [48] a classé les ontologies en fonction de la richesse de leurs structures internes en termes de vocabulaire contrôlé, glossaire, thésaurus, hiérarchies de terminologies, hiérarchies strictes de sous-classes, cadres, ontologie avec restrictions de valeur et ontologie avec contraintes logiques. Fensel [49] a légèrement modifié les classifications standard, où il a élargi le niveau de généralité d'ontologie [50].

Obrst [51] a regroupé les ontologies en trois grandes catégories : les ontologies de niveau supérieur, intermédiaire et de domaine. Les définitions des ontologies de niveau supérieur et de domaine ne diffèrent pas des définitions précédentes, tandis qu'Obrst considérerait une ontologie de niveau intermédiaire servant de pont entre les concepts abstraits définis dans l'ontologie supérieure et les concepts de domaine de niveau inférieur spécifiés dans une ontologie de domaine. De manière alternative, Berdier [52] et Roussey [41] ont présenté des classifications similaires, en ajoutant la métrique d'expressivité.

Angelika [53] a développé un cadre complet appelé OntoCube pour la classification d'ontologies, qui couvre de manière holistique la multitude d'ontologies différentes en utilisant trois dimensions importantes. Les dimensions de la formalité et de la matière sont dérivées de Mizoguchi [42], Uschold [43] et de van Heijst [44], tandis que la troisième dimension est dérivée du spectre ontologique de Lassila [48] et de Heijst. Notre propos n'est pas de discuter les différences entre ces études, mais nous avons adopté la classification d'Angelika [53].

OntoCube est l'une des méthodes les plus intéressantes pour classer une ontologie. Cependant, pour faciliter la sélection, nous avons ajouté trois points de repère de performance

parallèlement à ces trois dimensions (voir Figure 17). Lisible par machine faite référence au format qui peut être facilement traité par un ordinateur. La réutilisabilité est l'utilisation de classes et de concepts existants, sous une forme ou une autre, pour atteindre divers objectifs. La complexité est la quantité d'informatique en termes de temps et de ressources nécessaires pour accomplir une tâche donnée.

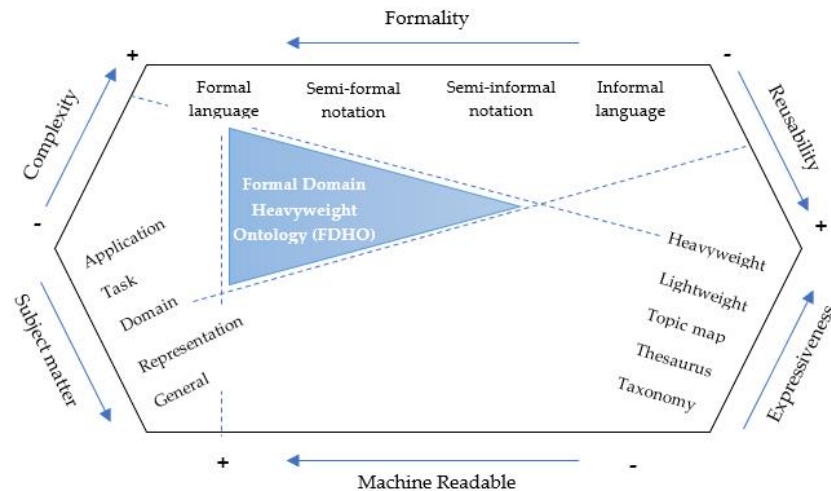


Figure: 17 Dimensions de la classification d'ontologies

L'ontologie proposée est une ontologie formelle du domaine lourd (FDHO). Elle est formelle parce qu'elle est réalisée en OWL. Il s'agit d'un domaine dans la mesure où il représente les termes utilisés pour décrire le domaine de la santé et en particulier la MPOC. C'est une ontologie lourde parce qu'en plus des classes et des relations, elle a besoin de règles et d'axiomes.

4.3.2.2 Méthodologies pour la construction d'ontologies

L'analyse des méthodologies de construction d'ontologies a révélé qu'aucune de ces approches n'était complètement mature [54–56]. Les histogrammes de la figure 18 résume trois revues exhaustives des méthodologies existantes. Lopez [54] a comparé cinq méthodologies: SENSUS, Bernaras, Uschold et King, METHONOLGY et Gruninger. Lopez

a établi un ensemble de critères pour analyser chacune de ces méthodologies. L'auteur estimait que l'héritage lié à l'ingénierie des connaissances et à la définition détaillée de la méthodologie et qu'il s'agisse d'activités ou de techniques proposées, ainsi que la stratégie de construction et d'identification de concepts sont les points principaux à prendre en compte par les chercheurs lorsqu'ils développent des méthodologies.

En outre, il existe des caractéristiques tout aussi importantes pour l'analyse, telles que le cycle de vie recommandé, les différences entre la méthodologie et les travaux proposés par la norme IEEE 1074–1995 et la construction collaborative et distributive. Pour plus d'informations, reportez-vous à [54]. De manière analogue, Rizwan [56] a mené une étude critique plus large de douze méthodologies communes basée sur six mesures de base: (1) la collaboration; (2) degré de réutilisabilité; (3) la dépendance à l'application; (4) cycle de vie; (5) les détails de la méthodologie; et (6) l'interopérabilité. Zambrana et al. [55] avait un point de vue différent puisque sa comparaison portait sur les conceptualisations, le développement et la validation. Zambrana a soulevé cinq questions pour évaluer les six méthodologies cibles. (1) « Les éléments de l'ontologie en tant que concepts, relations, propriétés, etc. sont-ils basés sur un travail de corpus? (2) Qui sont les utilisateurs prévus de la méthodologie? (3) La méthodologie indique-t-elle explicitement les méthodes et techniques à utiliser pour réaliser les différentes activités? (4) La méthodologie propose-t-elle d'effectuer une activité de conceptualisation? (5) Existe-t-il un programme associé à la méthodologie qui facilite les différentes étapes à suivre? ». Bien que certaines méthodes soient plus performantes que d'autres dans certaines fonctionnalités, il semble que toutes ces méthodes ne sont pas conformes aux exigences. Pour résoudre ce problème, les chercheurs ont cherché à trouver des méthodologies standardisées adaptables à différents types d'ontologies et dans différents domaines d'application. Lopez déclare qu'une des premières tentatives d'unification de deux méthodologies a été décrite dans [57] mais que «la nouvelle méthodologie synthétisée n'était pas une méthodologie réelle, mais une conception d'une méthodologie potentielle ». Par la suite, Sánchez [58] a combiné deux des méthodologies bien référencées METHONTOLOGY

[59] et Cyc 101 [60] pour obtenir l'une des méthodologies les plus concrètes pour la construction d'ontologies médicales (figure 19).

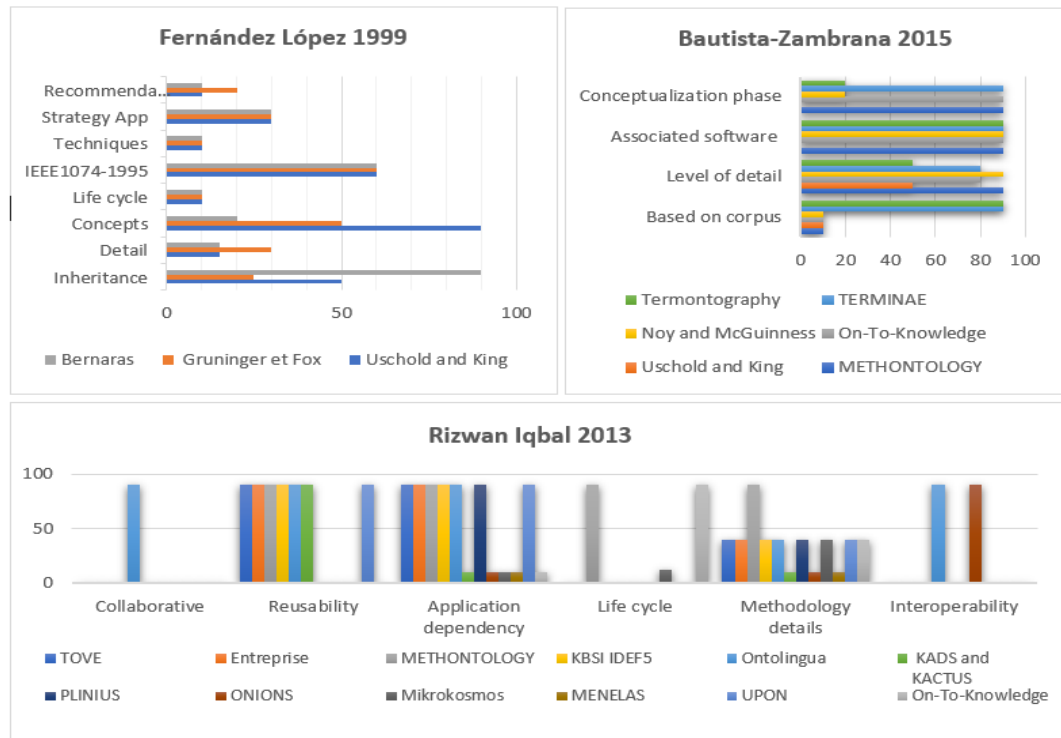


Figure: 18 Analyse des méthodologies existantes pour concevoir une ontologie

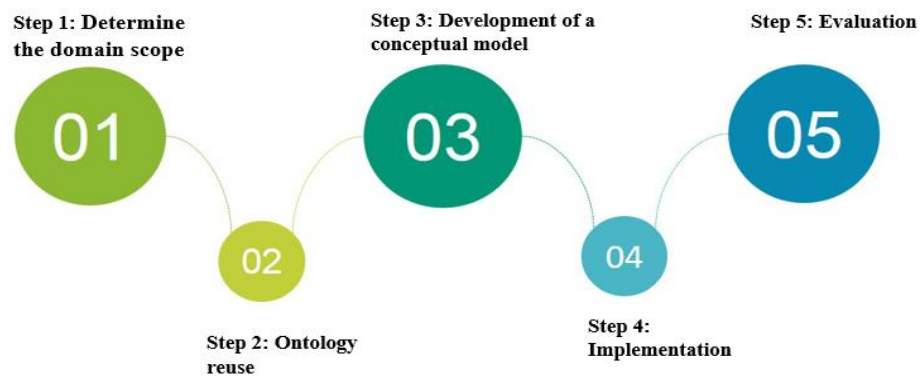


Figure: 19 Construction de l'ontologie

Source: Sánchez [58]

Étape 1 : Déterminer le domaine et la portée de l'ontologie

La portée fait référence au domaine d'intérêt qui doit être décrit dans cette ontologie. Cette étape doit définir les limites qui englobent l'objectif initial du domaine de conceptualisation. Formellement, les développeurs d'ontologies devraient utiliser des scénarios bien conçus ou poser des questions. Les chercheurs ont proposé un ensemble de questions pour déterminer les objectifs de leurs ontologies, leur domaine, leur portée, leur contribution et leur structure.

- Quel est le domaine de l'ontologie?

La maladie pulmonaire obstructive chronique est le domaine de cette ontologie.

- Quel est le but de cette ontologie?

Cette ontologie est conçue pour développer un plan préventif pour les patients atteints de MPOC. L'objectif principal est de faciliter l'extraction systématique d'informations à partir d'observations détaillées. Notre ontologie est dédiée à la prise en charge d'un système personnalisé. Cette ontologie fournit une surveillance et des recommandations en temps réel pour aider les patients à éviter les troubles respiratoires progressifs, et permet aux médecins d'être tenus informés de l'état du patient.

- Qui utilisera l'ontologie?

Les utilisateurs potentiels de cette ontologie sont les médecins et les patients.

- À quels types de questions l'information contenue dans l'ontologie devrait-elle apporter des réponses?

La COPDology doit apporter des réponses à des questions telles que:

- Quelles données faut-il collecter pour superviser le patient?
- À quelle fréquence le patient devrait-il prendre une mesure?
- Les données acquises doivent-elles être transmises au site de santé?
- Comment les données devraient-elles être analysées?
- Une alarme devrait-elle être déclenchée en fonction des résultats de l'évaluation?

- Quelles actions doivent être effectuées si une alarme est déclenchée?

Étape 2 : Réutilisation de l'ontologie

Il est presque toujours possible qu'une ontologie ait été modélisée auparavant par une tierce partie, ce qui constitue un point de départ utile pour une réutilisation totale ou partielle. La réutilisation des ontologies existantes est nécessaire pour gagner du temps et de l'effort, pour interagir avec les outils qui utilisent d'autres ontologies ou pour exploiter des ontologies validées via une utilisation dans des applications. Par exemple, nous pouvons réutiliser des bibliothèques d'ontologies (DAML et Ontolingua) ou des ontologies de haut niveau telles que des ontologies générales ou spécifiques à un domaine. En effet, les modèles ontologiques ciblant la surveillance à distance des maladies pulmonaires ne sont pas bien planifiés. Lasierra et al. [24] ont proposé une approche visant à fournir une gestion clinique à un niveau personnel dans des scénarios de surveillance à domicile en développant une solution basée sur une ontologie permettant un large éventail de services, tels que des indicateurs de santé essentiels, des alertes en temps réel et des rappels de médicaments. Paganelli et al. [26] ont décrit un modèle de contexte basé sur une ontologie et un intergiciel de gestion de contexte associé fournissant un cadre d'application réutilisable et extensible pour la surveillance et l'assistance des patients à domicile. Mcheick et al. [61] ont proposé un système tenant compte du contexte afin de déterminer les attributs pertinents et de détecter précocement les exacerbations de la MPOC, mais leur utilisation de l'ontologie consistait uniquement à réaliser une architecture générale de l'application.

Bien que la couverture ontologique des maladies pulmonaires soit faible, il existe de nombreuses références globales de terminologies pour la normalisation du stockage, de la récupération et de l'échange de données de santé électroniques pouvant être considérées comme un élément fondamental de la construction de notre ontologie, en particulier en ce qui concerne le glossaire médical. Adhérer aux principes de connaissance partagée dans ce type

de projets nécessite de réutiliser les abréviations cliniques et médicales standard ainsi que la terminologie. Dans ce travail, nous réutilisons un large éventail de termes fournis dans les termes cliniques de nomenclature systématique de la médecine (SNOMED CT) et dans la nomenclature globale des dispositifs médicaux (GMDN). Les termes que nous avons utilisés sont expliqués dans le paragraphe Ontologie du patient.

Étape 3 : Développement d'un modèle conceptuel

Énumérer les termes clés dans l'ontologie: l'énumération de termes importants, tels que les noms et les verbes nécessaires, est une étape cruciale pour faire des déclarations ou pour expliquer le contexte. Les noms sont divisés en concepts, attributs ou instances. Les concepts sont considérés comme des noms indépendants; les attributs peuvent décrire le type de choses et les instances sont des noms de choses spécifiques. Ensuite, les verbes décrivent les relations entre les noms. Les ontologies médicales utilisent souvent des normes de terminologie de codage pour étiqueter les valeurs d'éléments de données cliniques telles que les symptômes, les maladies, les médicaments et les mesures de laboratoire. Il existe plusieurs systèmes de codage qui se chevauchent beaucoup, mais avec des degrés de généralité et de spécificité variables, tels que Nomenclature systématisée des termes médico-cliniques (SNOMED-CT), Identificateurs d'observation logique, Noms et codes (LOINC), Classification internationale de Maladies et problèmes de santé connexes (CIM), Classification commune des procédures médicales (CCAM) et Nomenclature mondiale des dispositifs médicaux (GMDN).

Classes et définition de la hiérarchie de classes: cette étape a pour objectif de classer les concepts proposés dans une hiérarchie sous la forme d'une architecture taxonomique. Cette phase de développement de l'ontologie commence verticalement par la définition des classes sélectionnées pour la construction de COPDology. Lorsque l'ontologie comporte de nombreux éléments, il faut taxonomiser les concepts. Pour réaliser une telle taxonomie, nous

pouvons utiliser l'une des méthodes de catégorisation. Comme nous l'avons mentionné précédemment, il existe trois méthodes différentes; nous avons utilisé une approche descendante pour développer la hiérarchie des classes, en représentant les concepts de base (classes principales) et les sous-classes en tant que classes dans la COPDology. Les classes (concepts) ont une relation directe avec les besoins du patient afin de détecter un statut anormal et une activité dangereuse.

Définition des propriétés de classe: Les propriétés sont utilisées pour décrire les attributs ou les relations entre les classes. Il existe quatre types de propriétés: (1) intrinsèque (2) extrinsèques (3) parties et (4) relations avec d'autres individus. Définir les propriétés des classes est une nécessité pour réaliser la vraie valeur de l'ontologie. Les classes et leurs sous-classes ne fournissent pas suffisamment d'informations ou n'ont pas la capacité de représenter correctement la relation entre les différents éléments. En pratique, il existe deux types de propriétés: les propriétés d'objet et les propriétés de type de données. Les propriétés d'objet jouent un rôle important dans les classes de connexion où la classe de point de départ est appelée domaine et le nœud final, plage. D'autre part, les propriétés de type de données connectent uniquement le concept à une valeur spécifique, par exemple, String, Integer, Boolean, etc.

Définir la facette des slots: Slimani [62] a défini le slot comme un mot à attribuer à une classe, par exemple, un nom, un prix, etc. Le slot peut avoir différents types de facettes décrivant le type de valeur, autorisées. Valeurs, cardinalités et autres caractéristiques, qui peuvent être ajoutées au besoin. Dans notre COPDology, la plupart des valeurs d'emplacement sont String, Float, Integer et Boolean.

Créer des instances: une instance est un individu d'une classe; pour définir une instance, vous devez avant tout choisir une classe, créer une instance individuelle, puis renseigner les valeurs d'emplacement. Vous trouverez ci-dessous un petit ensemble de

classes et leurs instances possibles (patient: John; maladie: MPOC; lieu: Maison). Ces individus sont également interprétés comme des instances de classes. Les informations présentées pour les individus sont extraites de directives médicales et de documents de recherche du domaine de la MPOC.

Développement du domaine d'ontologie de la MPOC

L'ontologie de la maladie pulmonaire obstructive chronique (COPDology) est un modèle de domaine médical spécifique recueilli dans de nombreux documents de recherche et directives pertinentes, ainsi que des informations obtenues auprès de pneumologues interrogés et interrogés sur les plans de soins de la MPOC. Cette ontologie contient des concepts liés à la maladie, à l'environnement, aux équipements, aux données du patient (informations personnelles, symptômes, facteurs de risque et résultats des tests cliniques) et au traitement. L'ontologie a été implémentée avec Protégé au format OWL. COPDology comprend 680 classes, 276 propriétés d'objet, 310 propriétés de type de données, 5000 instances et un ensemble de règles d'inférence qui guident le processus de diagnostic et d'évaluation des risques. La base de connaissances ou COPDology que nous fournissons dans ce travail consiste en un ensemble d'ontologies interdépendantes décrivant les objets physiques et abstraits du domaine. Les ontologies que nous avons créées pour prendre en charge la surveillance de la santé requise des patients atteints de MPOC comprennent principalement le patient, son état clinique, ses dispositifs, ses activités, son environnement, ses services, son emplacement et sa maladie. La figure 20 décrit ces différentes ontologies, y compris leur distribution et leurs relations générales.

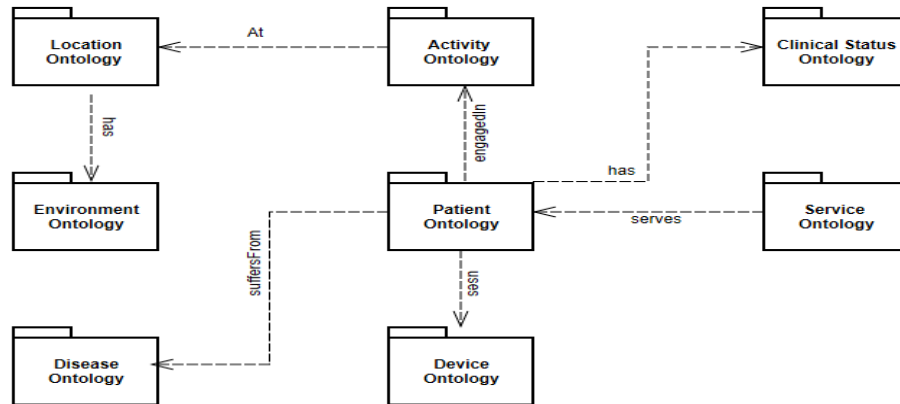


Figure: 20 La structure de base de la COPDology interne

Ontologie du patient

L'ontologie du patient comprend trois branches principales: les facteurs physiques, les facteurs psychologiques et les informations personnelles du patient. Les facteurs physiques font référence aux signes vitaux qui ont une relation directe avec la MPOC. Reconnaître ces éléments n'était pas une tâche facile; il nous fallait des heures de recherche et de rencontres avec des spécialistes des poumons. Les résultats de cet effort sont 15 éléments clés, à savoir la température, la fréquence cardiaque, le VEMS, le niveau de pH, Paco2, BUN, le taux de sodium, l'hématocrite, la pression diastolique, la pression systolique, la saturation en oxygène, le rythme respiratoire, la taille, le poids corporel et le glucose.

En ce qui concerne les facteurs psychologiques, des études récentes [1,10] ont confirmé l'existence d'une relation proportionnelle entre la détérioration des conditions mentales et physiques. Les états psychologiques les plus importants sont la dépression, le stress et l'anxiété. Quant au profil, il se limite à certaines informations personnelles telles que nom, âge, profession, sexe, race, nationalité, téléphone, adresse et habitudes. Dans le tableau 13, nous présentons certaines des classes utilisées avec leurs codes correspondants dans SNOMED CT.

Tableau 12: Partie de classes avec leurs codes standard

Class	SNOMED-CT	Class	SNOMED-CT
Patient	116,154,003	Pression systolique	271,649,006
Profil	263,878,001	Taux de filtration glomérulaire	802,740,01
État psychologique	704,488,001	Hématocrite	365,616,005
Saturation d'oxygène	449,171,008	Niveau de PH	945,600,6
Température	703,421,000	Capacité pulmonaire totale (TLC)	575,660,09
Circulation pulmonaire	177,850,05	Débit expiratoire forcé	251,930,006
Capacité vitale forcée (FVC)	508,340,05	Urée sanguine	723,410,03
Capacité de diffusion	547,150,06	Pression diastolique	271,650,006

En raison de certaines limitations techniques, nous présentons une configuration générale des composants principaux, comme illustré à la figure 21.

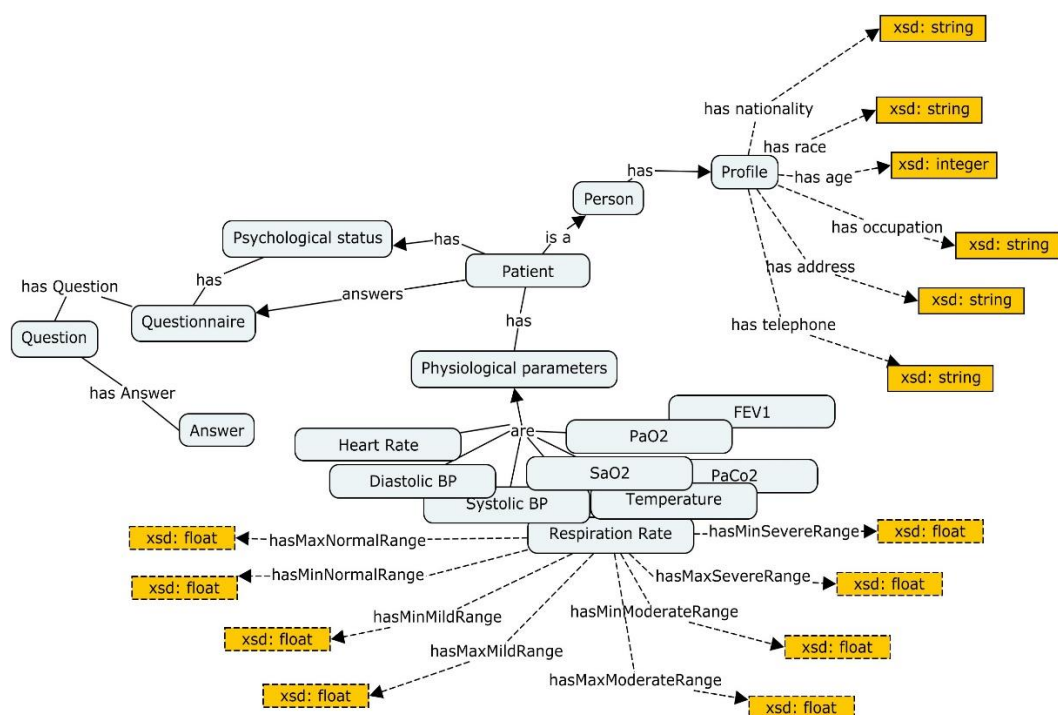


Figure: 21 Partie de l'ontologie du patient

Le tableau 14 répertorie certaines propriétés d'objet et de données décrivant l'ontologie du patient. Comme nous pouvons le constater, chacune de ces propriétés a ses propres caractéristiques qui spécifient son domaine et sa plage.

Tableau 13 : Quelques propriétés de l'ontologie du patient

Object Property	Domain	Range	Datatype Property	Domain	Range
hasTemperature	Physiological	Temperature	hasFname	Profile	String
hasHeartRate	Physiological	heartrate	hasLname	Profile	String
hasFEV1	Physiological	FEV1	hasGender	Profile	String
hasHematocrit	Physiological	Hematocrit	hasTelephone	Profile	String
hasOxSaturation	Physiological	Oxygen saturation	hasHabits	Profile	String
hasRespRate	Physiological	Respiration rate	hasMinNormalRange	Vital signs	Float
hasBodyWeight	Physiological	Weight	hasaxNormalRange	Vital signs	Float
hasBodyHeight	Physiological	Height	hasMinSevereRange	Vital signs	Float
hasGlucose	Physiological	Glucose	hasMaxSevereRange	Vital signs	Float

Ontologie de l'environnement

Les facteurs environnementaux peuvent affecter notre corps. La MPOC est l'une des maladies les plus sensibles à l'environnement. Les facteurs environnementaux qui affectent négativement les patients atteints de MPOC comprennent l'air ambiant, les conditions météorologiques et la pollution. L'air ambiant est un mélange de gaz composé de N₂, d'O₂, de faibles quantités de CO₂, d'argon et de certains gaz inertes [63], tels que le néon, l'hydrogène, le méthane, le xénon, le krypton et l'hélium. En général, la densité de ces gaz se varie avec la pression ou la température [64], ce qui peut entraîner des risques importants pour le système respiratoire des patients. En outre, selon certaines études statistiques [65,66], les symptômes de maladies pulmonaires sont largement influencés par les conditions météorologiques telles que les températures extrêmes, l'humidité, la pression et les précipitations. Pour une observation plus complète et plus précise, nous avons ajouté le climat. La figure 22 est un segment simple des éléments les plus importants de cette ontologie.

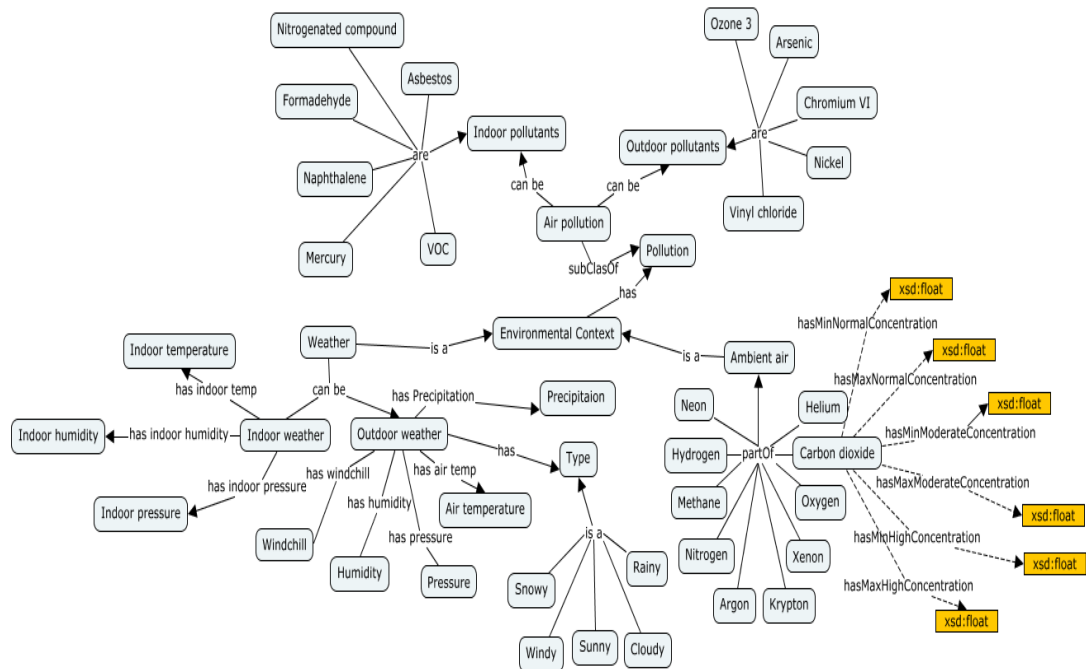


Figure: 22 Partie de l'ontologie de l'environnement

Ontologie des dispositifs

Cette ontologie inclut des périphériques informatiques tels que des assistants numériques personnels (PDA) et des capteurs. Fondamentalement, cette ontologie couvre le périphérique mobile utilisé pour collecter et envoyer des données, ainsi que tous les équipements biomédicaux fixes et portables utilisés par les patients pour surveiller leurs signes vitaux, en plus des capteurs environnementaux pour détecter tout changement dans l'environnement. La figure 23 montre les types de périphériques trouvés dans cette ontologie. Les paramètres biomédicaux sont détectés par un thermomètre corporel, une oxymétrie de pouls, un moniteur de pression artérielle, une balance, un analyseur de composition corporelle, un débit de pointe, un ECG, un moniteur de fréquence respiratoire et un accéléromètre. Les informations environnementales peuvent être obtenues à l'aide du thermomètre, de l'hygromètre, des capteurs de qualité de l'air, du baromètre et du GPS.

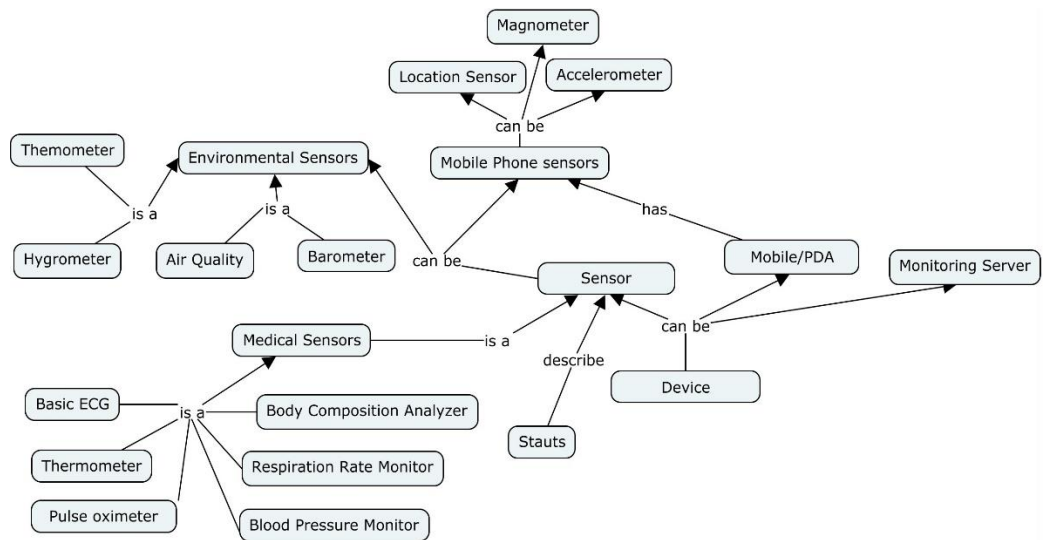


Figure: 23 Partie de l'ontologie des dispositifs

Ontologie d'activité

Identifier l'activité actuelle du patient ajoute plus de précision aux applications médicales. Dans ce contexte, il est important de savoir quelle activité physique une personne fait. Il serait également utile d'identifier les mouvements possibles et les lieux à visiter ainsi que les moyens utilisés lors de ces activités. La figure 24 fournit une partie des concepts et des relations qu'on peut trouver dans l'ontologie de l'activité.

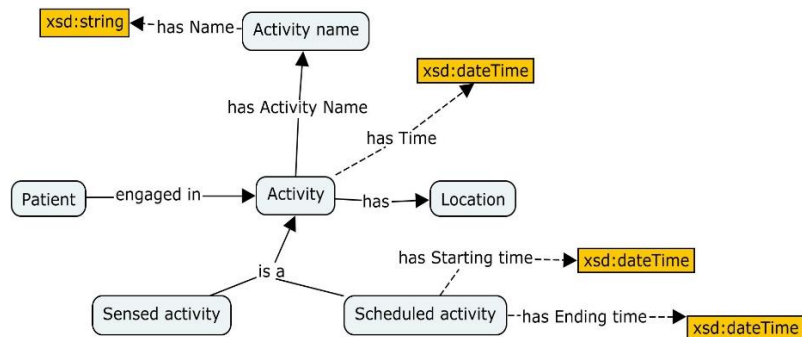


Figure: 24 Partie de l'ontologie d'activité

Ontologie de localisation

L'emplacement est considéré comme la colonne vertébrale de toutes ces sous-ontologies. L'identification de l'emplacement décrite à la Figure 25 sert à déterminer les paramètres physiques à mesurer, lorsque les informations contextuelles pertinentes varient entre les espaces intérieurs et extérieurs.

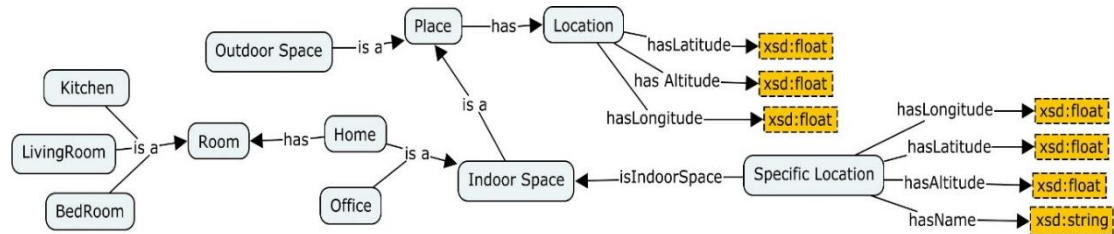


Figure: 25 Partie de l'ontologie de localisation

Ontologie de la maladie

Pour présenter des soins personnalisés adaptés au statut du patient, nous devons comprendre la nature de la maladie. Cette sous-ontologie vise principalement à fournir une administration efficace du traitement. Une ontologie de maladie comprend le type de maladie, le stade, les médicaments, les facteurs de risque, les conditions et les caractéristiques physiques de la maladie (voir la figure 26).

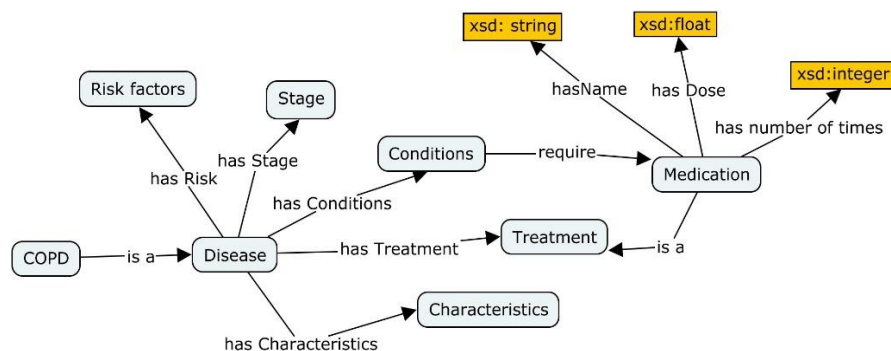


Figure: 26 Partie de l'ontologie de la maladie

Ontologie de l'état clinique

L'ontologie de l'état clinique contient les antécédents médicaux des patients, y compris les résultats de l'examen physique, les résultats des tests de diagnostic, les maladies familiales et les médicaments qu'un patient a pris ou est en train de prendre. Cette ontologie améliore les performances des systèmes de santé, car elle permet de surveiller le traitement et d'obtenir des soins de haute qualité. La figure 27 montre quelques éléments de cette ontologie.

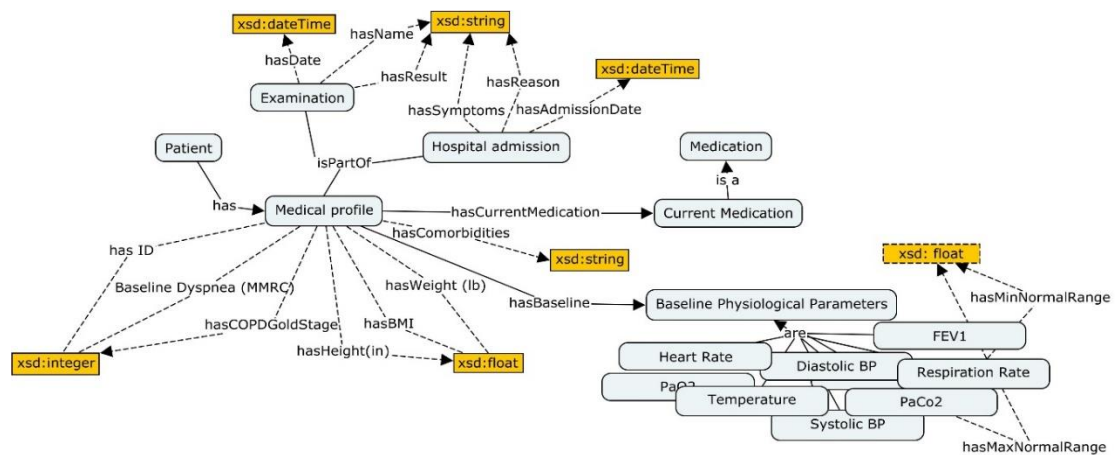


Figure: 27 Partie de l'ontologie de l'état clinique

Ontologie de service

Ce modèle est essentiellement conçu pour fournir des services et interagir avec les patients afin de contrôler les situations précaires ou suspectes. Par conséquent, les services sont considérés comme des composants majeurs de l'ontologie proposée. Ces services médicaux sont divisés en trois services de base: surveillance, déclenchement des alarmes et recommandation (Figure 28).

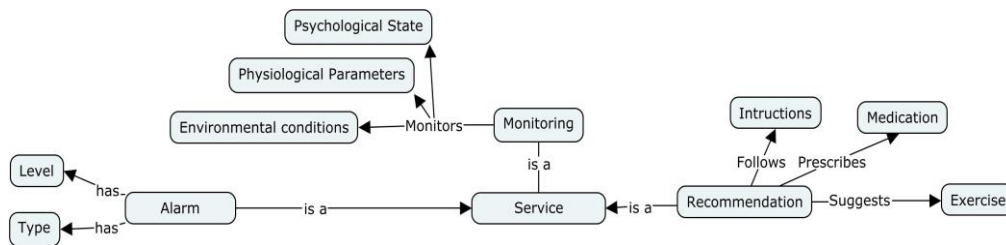


Figure: 28 Partie de l'ontologie de service

Étape 4: Implémentation

Le développement des ontologies dans le domaine médical est une tâche complexe qui nécessite un effort et une collaboration considérables entre les professionnels de la santé et les ingénieurs ontologiques. L'aide à la décision clinique a besoin des méthodes permettant de vérifier la bonne représentation des conceptions en termes d'effets et de réponses ontologiques. Pour la représentation des connaissances, les outils et les techniques sont essentiels. La mise en œuvre et la validation des aspects logiques et structurels de l'ontologie peuvent être automatiquement réalisées avec des outils spécialisés. Protégé est l'un des éditeurs open source le plus connu pour développer des ontologies [67]. Protégé a été distribué à l'origine pour la recherche en informatique biomédicale à la faculté de médecine de l'Université de Stanford. Cet outil est spécifiquement dédié à OWL mais c'est un éditeur très extensible, capable de gérer une grande variété de formats [67]. Notre ontologie a été formalisée avec OWL DL car elle est très expressive et nous pouvons donc appliquer toutes les techniques de raisonnement automatique standard. Protégé contient des raisonneurs intégrés tels que FaCT ++, Pellet, HermiT, ELK, Jcel, Ontop, Mastro et RACER qui sont utilisés pour décrire la logique. Le choix d'un bon raisonneur est également une étape essentielle dans la mise en place d'un cadre ontologique efficace. Abburu [68] a comparé certains des raisonneurs populaires développés ces dernières années.

Cette étude décrit ces raisonneurs avec leurs caractéristiques importantes telles que la complétude, l'expressivité, le profil natif, la classification incrémentielle, le support des règles, les plateformes, les justifications, le raisonnement ABOX, l'API OWL, le support protégé, le support Jena, etc. Abburi [68] explique quatre types des raisonneurs qui peuvent soutenir les règles: RACER, Pellet, Hermit et ELK. Racer ne supporte pas Jena et il est commercial. Hermit ne présente pas d'explications sur l'incohérence existant dans les ontologies et ne peut pas fonctionner avec l'API Jena. ELK est un raisonneur pour les ontologies OWL 2 EL, ce qui n'est pas le cas de ce projet. Sur la base de l'évaluation précédente, nous avons utilisé Pellet dans notre ontologie.

Étape 5: Évaluation de la COPDology

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation d'ontologies telles que celles proposées par Jonathan [69], Pérez et al. [70] et Lovrenčić et al. [71]. Ces études présentent des approches robustes pour l'évaluation des ontologies basées sur des critères et des mesures ou des métriques. Les auteurs ont défini les critères d'évaluation comme des qualités générales permettant de porter un jugement technique sur le contenu [69]. Ces critères incluent la cohérence, la classification, la complétude, la concision, l'extensibilité et la sensibilité. En revanche, les auteurs ont constaté que les mesures d'évaluation d'ontologies sont principalement orientées vers les aspects structurels.

Critères d'évaluation de l'ontologie

Évaluation des critères a été réalisée sur notre ontologie, avec les résultats suivants:

Cohérence: il s'agit d'évaluer la cohérence logique d'une ontologie en vérifiant les invariants [70]. L'exécution de la vérification automatique du gestionnaire de cohérence prouve que COPDology est cohérent; il n'y a pas de contradiction déduite de définitions, d'axiomes, et de toutes les autres configurations.

Classification: c'est l'un des services de raisonnement les plus importants fournis par tous les raisonneurs OWL. La classification d'ontologies signifie que toutes les sous-catégories de classes impliquées sont calculées entre les classes nommées [72]. Malheureusement, lorsqu'une ontologie évolue ou même légèrement modifiée, les raisonneurs répètent tout le processus de raisonnement. Pour les ontologies grandes et complexes, cela peut prendre un temps considérable [73]. Pour certaines raisons, le raisonneur doit être exécuté souvent et la réponse temporelle devient alors un problème critique. Wang et al. [74] ont suggéré de réduire les déclarations disjointes pouvant causer des problèmes de performance, car cela risquerait de trop contraindre le raisonneur. Dans ce projet, notre résultat était raisonnable: le temps total de classification dans Pellet était de 26 849 ms, ce qui correspond à un temps quasi réel. Le raisonneur pouvait donc travailler de manière transparente sans ralentir la réponse.

Complétude: une ontologie est dite complète si toutes les informations indiquées sont explicitement définies ou peuvent être déduites d'autres définitions et axiomes [71]. La COPDology est complète en termes de caractéristiques de conceptions et fournissant suffisamment d'informations pour répondre aux questions relatives aux compétences, mais comme certaines informations relatives aux maladies pulmonaires sont difficiles à obtenir en raison du manque d'études, cette ontologie d'application n'est pas complète car elle ne fournit pas des informations complètes de tous les aspects de la vie d'un patient.

Concision: cet attribut détermine si une ontologie contient des termes redondants. Dans ce travail, nous avons autant que possible réduit la taille de la représentation afin d'éviter tout concept inutile, qu'il s'agisse de redondances explicites ou de redondances implicites (inférées). COPDology est donc concis.

Extensibilité: il est un indicateur que l'ontologie est extensible sans heurts sans modifications majeures dans le cas où de nouvelles connaissances sont ajoutées aux structures existantes [71]. Le développement de la COPDology a montré que la hiérarchie des concepts de base ne doit pas être considérablement modifiée. La division du champ de

représentation en plusieurs parties favorise l'expansion de l'ontologie. Pratiquement, la modification ou la création de nouvelles classes et axiomes n'influence pas les autres parties, ce qui signifie que cette ontologie a été construite avec des capacités d'expansion.

Sensibilité: une ontologie est considérée comme sensible si des changements minimes dans la définition affectent directement un ensemble des concepts et des relations bien définies [71]. Comme expliqué ci-dessus, la modification d'un ensemble de concepts ou l'ajout de nouvelles définitions n'influence pas les autres axiomes et classes. La COPDology n'est donc pas sensible.

Mesures d'évaluation de l'ontologie

Ce type d'évaluation met l'accent sur la complexité et la formalité de la structure en respectant trois niveaux de base: le niveau de vocabulaire, le niveau de taxonomie et le niveau non taxonomique [75–77]. Le but de l'évaluation est d'estimer le niveau de maturité interne des ontologies. Dans ce contexte, Zhang [78,79] a proposé un ensemble de métriques pour mesurer la complexité de l'ontologie à la fois au niveau de la classe et de l'ontologie par la combinaison de caractéristiques dimensionnelles.

Évaluation au niveau de l'ontologie

Srinivasulu et al. [80] ont suggéré quatre mesures au niveau de l'ontologie pour décrire la complexité de l'ontologie: la taille du vocabulaire, le rapport de nœud périphérique, l'impureté de l'arbre et l'entropie du graphe.

Taille du vocabulaire (SOV): Cette métrique comprend le nombre total de classes, d'occurrences et de propriétés créées dans l'ontologie. Le SOV est défini comme:

$$SOV = |C_n| + |P| + |I_n| \quad (1)$$

Où $|C_n|$ représente le nombre de classes nommées, tandis que $|P|$ et $|I_n|$ sont le nombre de propriétés et d'instances, respectivement [79].

Rapport de nœud d'extrémité (ENR): ENR représente la densité de connectivité qui augmente proportionnellement à l'incrément du nombre de bordes entre les nœuds (classes et individus). ENR se mesure comme suit:

$$ENR = \frac{|E|}{|N|'} \quad (2)$$

Où le nombre de bordes $|E|$ est divisé par le nombre de nœuds $|N|'$.

Impureté d'arbre (TIP): Cet indicateur est principalement utilisé pour déterminer dans quelle mesure une hiérarchie d'héritage d'une ontologie digresse d'un arbre; le TIP est mesuré dans l'équation (3):

$$TIP = |R'| - |C'| + 1 \quad (3)$$

Où $|R'|$ et $|C'|$ représentent la suite de relations et de concepts dans la hiérarchie d'héritage, respectivement.

L'entropie du graphe ontologique (EOG): Cette norme est un indicateur de la complexité du graphe [80]. Il est calculé directement par l'application de la fonction logarithmique à une distribution de probabilité sur le graphe de l'ontologie.

$$EOG = - \sum_{i=1}^n p(i) \log_2(p(i)) \quad (4)$$

Où $p(i)$ représente la fonction de masse de probabilité pour qu'un concept ait i relations. De manière arithmétique, $p(i)$ peut être calculé pour chaque sommet (concepts) du graphe de l'ontologie en divisant le degré du sommet (c'est-à-dire des propriétés) connecté à ce concept par la somme de tous les degrés de sommets V :

$$p(v_i) = \frac{\deg(v_i)}{\sum_{v \in V} \deg(v)} \quad (5)$$

Analyse

En règle générale, les concepteurs comparent leur ontologie à un « standard de référence » considéré comme une référence. Les valeurs de métriques présentées dans la figure 29 appartiennent à des ontologies bien construites [81–83]. La SOV de COPDology dépasse 5000 composants constitués d'énormes ensembles de concepts, paramètres, dossiers médicaux de patients, etc. Il serait donc très utile pour les développeurs sémantiques, en particulier ceux intéressés par le domaine biomédical, de réutiliser cette ontologie plutôt que d'essayer construire une nouvelle ontologie pour la MPOC à partir de zéro. D'autre part, les ontologies avec des vocabulaires étendus nécessiteraient beaucoup de temps et d'efforts pour se construire et se maintenir [84]. La valeur du rapport de nœud périphérique (ENR) est supérieure à la normale, ce qui signifie que notre ontologie est complexe et nécessite une modularisation supplémentaire pour minimiser les efforts de compréhension et de gestion. Le TIP est un indicateur rationnel de la qualité de l'organisation d'une ontologie par le biais de relations d'héritage. Un $TIP = 0$ indique que le graphique de la hiérarchie d'héritage est structuré sous forme d'arborescence. Plus le TIP est élevé, plus la hiérarchie d'héritage ontologique s'éloigne de l'arbre enraciné et, par conséquent, plus sa complexité est grande. La valeur totale de notre COPDology TIP atteint 4, ce qui signifie que cette hiérarchie d'héritage dévie relativement de la forme traditionnelle de l'arbre. La dernière métrique de ce niveau est l'entropie du graphe d'ontologie (EOG), où 0 correspond à la plus petite valeur de EOG lorsque les classes ont la même distribution de relations, qui ne peut être obtenue que si tous les nœuds des sous-graphes d'ontologie ont un nombre égal d'arêtes. L'interprétation pratique de petit EOG est révélatrice d'une ontologie moins complexe en termes de distribution des relations [85]. L'EOG de COPDology est presque 1,5, il a donc une structure relativement bonne.

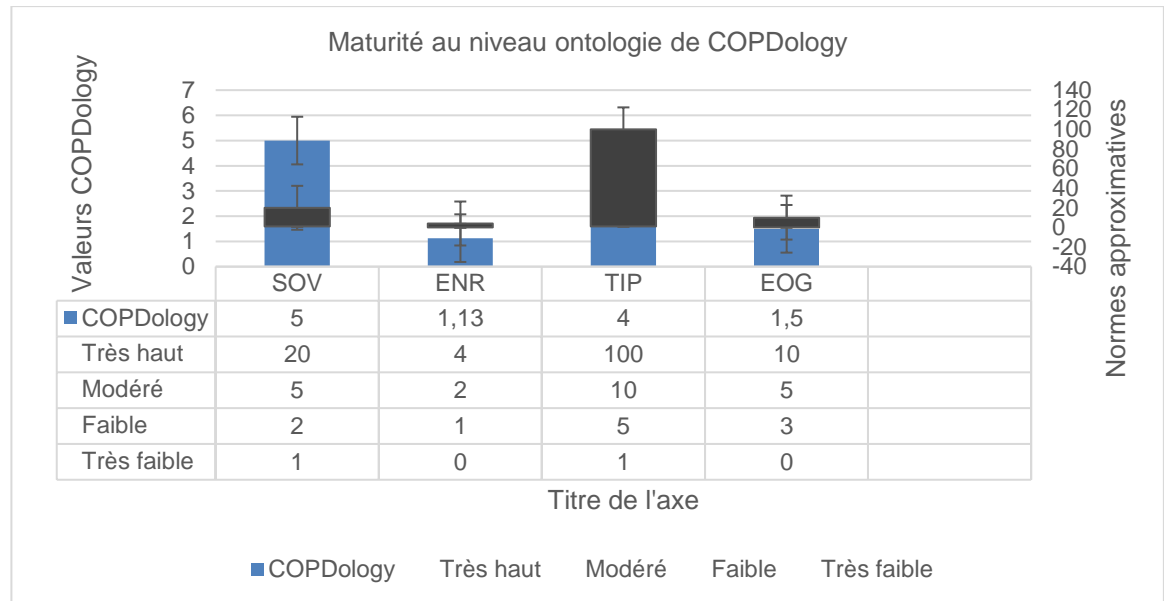


Figure: 29 Maturité au niveau ontologie de COPDology

Évaluation au niveau de la classe

Zakaria [76] a combiné huit fonctions métriques pour mesurer la complexité au niveau de la classe. Ces métriques sont le nombre de classes, le nombre d'instances, le nombre de propriétés, le nombre de classes racines, la population moyenne, la richesse des classes, la richesse des relations et la richesse de l'héritage.

Nombre de classes (NOC): la métrique NOC est simplement un compte des classes définies dans l'ontologie [85].

Nombre d'instances (NOI): le critère NAI est un recensement des instances créées dans l'ontologie.

Nombre de propriétés (NOP): comme son nom l'indique, NOP est le nombre de propriétés trouvées dans une ontologie [84].

Nombre de classes racines (NORC): cette métrique correspond au nombre de classes non enracinées ou de concepts qui ne possèdent pas de superclasses dans leur couche supérieure. Considérons C les classes d'ontologie:

$$NORC = |C_i|, \neg \exists C_j \mid C_i \not\subseteq C_j \quad (6)$$

Population moyenne (AP): Cette variable mesure la distribution moyenne des instances dans toutes les classes. Théoriquement, AP est défini comme suit:

$$AP = \frac{|I|}{|C|} \quad (7)$$

Selon les règles définies [80], cette métrique a été proposée afin d'indiquer s'il existe suffisamment d'informations dans l'ontologie.

Richesse de classe (CR): Cette valeur est le rapport entre le nombre de classes non vides ayant des instances C' et le nombre total de classes. Le pourcentage de CR nous donne une idée du nombre d'instances liées aux classes définies dans le graphique.

$$CR = \frac{|C'|}{|C|} \quad (8)$$

Richesse relationnelle (RR): Cette métrique représente le nombre de relations divisé par la somme du nombre de sous-classes et du nombre de relations [80]:

$$RR = \frac{|P|}{|SC| + |P|} \quad (9)$$

Où $|P|$ est considéré comme le nombre total de relations et $|SC|$ est le décompte des sous-classes ou le nombre de relations d'héritage.

Richesse de l'héritage (IR): l'IR décrit la distribution des niveaux de connaissance de l'arbre de l'héritage de l'ontologie. La richesse d'héritage du schéma (IR) est appelée nombre moyen de sous-classes par classe. Formellement, cette valeur est calculée à partir de l'équation:

$$IR_S = \frac{\sum_{C_i \in C} |H^C(C_1, C_i)|}{|C|} \quad (10)$$

Où $|H^C(C_1, C_i)|$ est le nombre de sous-classes par classe et $|C|$ est le nombre total de classes dans l'ontologie

Analyse

Le tableau 15 résume l'évaluation au niveau de la classe de notre COPDology. NOC et NOI étaient assez élevés à 180 et 4000 respectivement. Le nombre de propriétés dans le NOP indique notre système de raisonnement est fort [85]. Comme mentionné ci-dessus, le NORC est le nombre de classes de racine dans la COPDology. Plus la valeur NORC est élevée, plus l'ontologie est diversifiée [84]. COPDology a une valeur NORC élevée, la présence de 12 classes racines est la preuve que cette ontologie a une grande structure. La valeur AP élevée (AP = 6.5) est une bonne indication que COPDology dispose d'informations suffisantes pour interroger les données du cadre créé. Puisque AP et CR sont corrélés, il est évident que notre ontologie n'a atteint que 0,80 pour la métrique CR. Par conséquent, cela indique que la majorité des classes d'ontologies ont des instances. En général, une ontologie contenant de nombreuses relations descriptives ou non typiques, telles que classe-sous-classe, est plus riche que les taxonomies comportant une hiérarchie catégorie-sous-catégorie. Dans ce travail, la COPDology est très riche en contenu de MPOC où son RR est arrivé au seuil de 0,4. La richesse de l'héritage a été proposée pour distinguer une ontologie horizontale d'une ontologie verticale. COPDology a une IR élevée qui pourrait refléter la nature verticale ce qui signifie qu'on a une connaissance très détaillée.

Tableau 14: Évaluation au niveau de la classe

Métrique	NOC	NOI	NOP	NORC	AP	CR	RR	IR
COPDology	180	4K	285	12	6.52	0.80	0.389	2.210

Dans cette section, nous présentons douze métriques pour examiner la maturité de COPDology. Clairement, une telle interprétation prouve que notre ontologie est mature et qu'elle peut être réutilisée et étendue.

4.3.3 Couche de traitement et de raisonnement

Le système proposé vise à détecter les événements indésirables potentiels qui influencent le patient MPOC. De nombreux types d'informations contextuelles ne peuvent pas être facilement déduits [86]. Les ontologies sont conçues pour représenter des connaissances du monde réel à l'aide de OWL, tandis que les situations problématiques complexes nécessitent des techniques de description supplémentaires. Nos ontologies sont étendues avec des règles définies médicalement. Ces règles de raisonnement ont été formulées dans le langage de règle du Web sémantique (SWRL) pour exprimer toutes les déclarations requises. SWRL est une solution de niveau expert ou une adaptation pour les systèmes à base de règles du domaine du Web sémantique. Les règles SWRL ont un style formel où l'antécédent d'un conditionnel et la conclusion de celui-ci est une forme validant d'une déclaration. La combinaison de OWL et SWRL pour le raisonnement automatique a été utilisée dans le domaine médical par plusieurs projets [87–89]. Dans ce projet, les règles relatives à la MPOC sont spécialisées pour chaque patient conformément aux directives en vigueur au Canada et auprès des pneumologues experts. L'évaluation nécessite de se concentrer sur les antécédents du patient, l'examen physique, la nourriture, les médicaments, l'état mental, les conditions environnementales et l'activité actuelle. En pratique, ces règles détectent si un événement indésirable se produit et peuvent prédire le risque potentiel lorsque les mesures provenant des objets connectés dépassent les seuils relatifs à la sécurité.

Dans cette section, nous avons l'intention de définir un cadre pour le processus de raisonnement, que nous considérons comme la méthode permettant de rendre certaines informations implicites explicitement disponibles. Nous percevons le processus de

raisonnement comme une séquence d'étapes interdépendantes, appelée « processus de détection cyclique » (Figure 30).

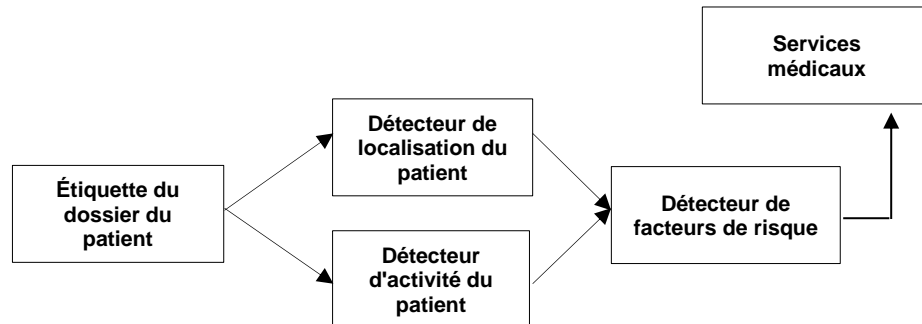


Figure : 30 Processus de raisonnement

4.3.3.1. Étiquette du dossier du patient

Dans le dictionnaire médical, il existe plusieurs types de patients. Le profil de santé du patient est un format simple qui permet aux médecins de garder une trace des antécédents médicaux des patients en tant qu'indicateur de leur état fonctionnel. Dans ce travail, l'évaluation du profil du patient est importante pour déterminer le degré de sensibilité à divers irritants externes de la MPOC. Cette évaluation est traduite par la machine sous forme d'étiquettes de dossiers de patients classées médicalement comme sévères, modérées, graves ou élevées. En pratique, la classification de la gravité de la MPOC est basée sur les réponses à certaines questions typiques et sur le profil médical comprenant cinq domaines divers contenant le degré de symptômes respiratoires tels que la dyspnée à l'effort, les types de médicaments, les suppléments thérapeutiques et les hospitalisations antérieures. Miravittles et al. [90] ont déclaré que le score de gravité possible pour la MPOC se situait entre 0 et 35, les scores les plus élevés étant en corrélation avec l'état de santé plus grave de la MPOC. La figure 31 illustre une petite partie du processus de calculateur de gravité du profil du patient utilisant la règle SWRL pour compter le score des symptômes respiratoires.

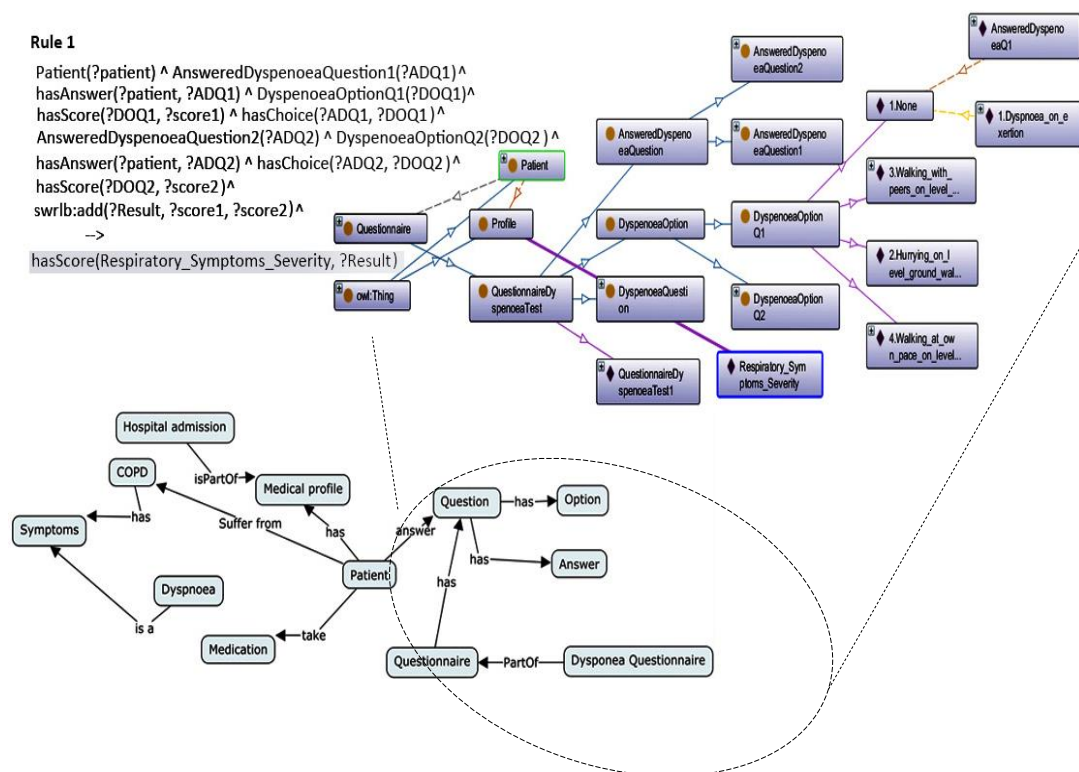


Figure: 31 Partie du calcul de la gravité du profil du patient

4.3.3.2. Détecteur de localisation du patient

Une identification précise de l'emplacement donne aux patients une chance d'obtenir des services de soins de santé sur mesure, car le processus de précaution diffère selon le lieu du patient. Par exemple, en fonction du suivi de la localisation du patient, nous pouvons déterminer les facteurs environnementaux à mesurer et les capteurs à utiliser. Ce système de contrôle automatique est souvent lié à la position géographique générale telle qu'un domicile, un bureau ou des lieux fréquemment visités. Le système de positionnement global (GPS) détecte la longitude, la latitude et l'altitude, mais est plus efficace dans les environnements extérieurs. Les progrès technologiques ont permis une détection de position extrêmement précise à l'intérieur et à l'extérieur à l'aide de réseaux sans fil tels que l'identification par radiofréquence (RFID) qui pourrait améliorer le système de détection de localisation dans les

bâtiments. SWRL peut être utilisé pour traiter de tels contextes complexes. Prenons un scénario dans lequel ce système tente de déterminer si un patient se trouve chez lui. Notre solution repose sur l'extension de l'ontologie du lieu en ajoutant la prise en charge de la localisation en salle à l'aide d'une infrastructure de balises RFID sémantiques. Le système de positionnement intérieur peut déterminer la présence d'un patient à la maison lorsque l'étiquette RFID entre dans la plage de couverture de détection administrée par un lecteur RFID. Le module de localisation peut suivre la mobilité des patients au sein de la maison en se référant à la position actuelle du lecteur, si nécessaire. Cela nécessite une intervention des règles SWRL. Dans un tel cas, la règle utilisée pour identifier la localisation du patient pourrait être exprimée comme le montre la figure 32.

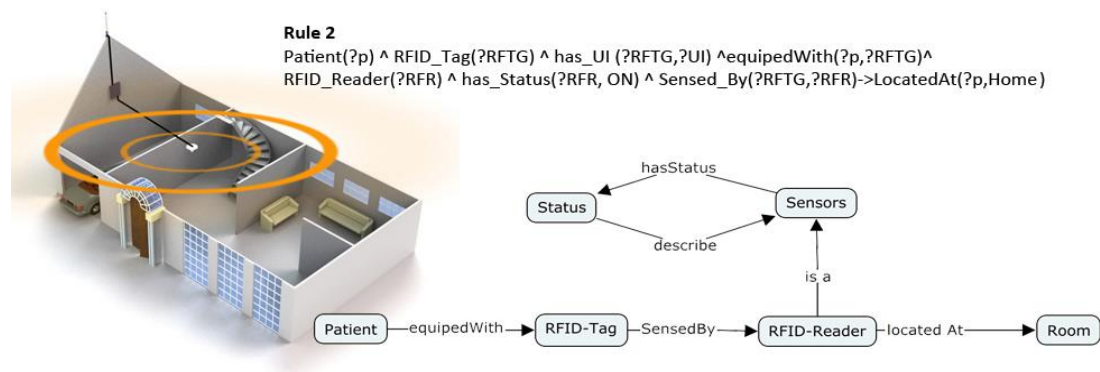


Figure: 32 Exemple de règle de détection d'intérieur

4.3.3.3. Détecteur d'activité du patient

Cette unité joue un rôle important dans le système de surveillance réel, ce qui différencie ce système de ses homologues. Ce module est conçu pour identifier les activités ayant des effets physiques directs et indirects. Des chercheurs dans le domaine de la santé humaine [91] et des maladies pulmonaires [92] confirment que les signes vitaux sont influencés par certains facteurs, notamment l'activité physique, qui comprend les activités de la vie quotidienne telle que le travail, les sports, les transports, la nourriture, le repos, etc. chacun

de ces paramètres biologiques a sa plage normale en fonction du type d'activité exercée. Les activités physiques ont été classées comme légères, modérées et vigoureuses en fonction de l'intensité de l'effort physique mesurée en équivalents métaboliques [93]. Une autre caractéristique de ce système est l'évaluation des activités planifiées pour déterminer la gravité de ces événements. La reconnaissance des activités est une tâche épineuse qui doit combiner de nombreuses techniques. Dans ce travail, nous avons appliqué une approche hybride pour reconnaître plus précisément les activités des patients en utilisant l'apprentissage automatique avec des structures d'ontologies spatiales et temporelles supportées par SWRL (Figure 33). Par manque d'espace, cette explication n'est pas exhaustive. Pour plus de détails, veuillez-vous reporter à [61].

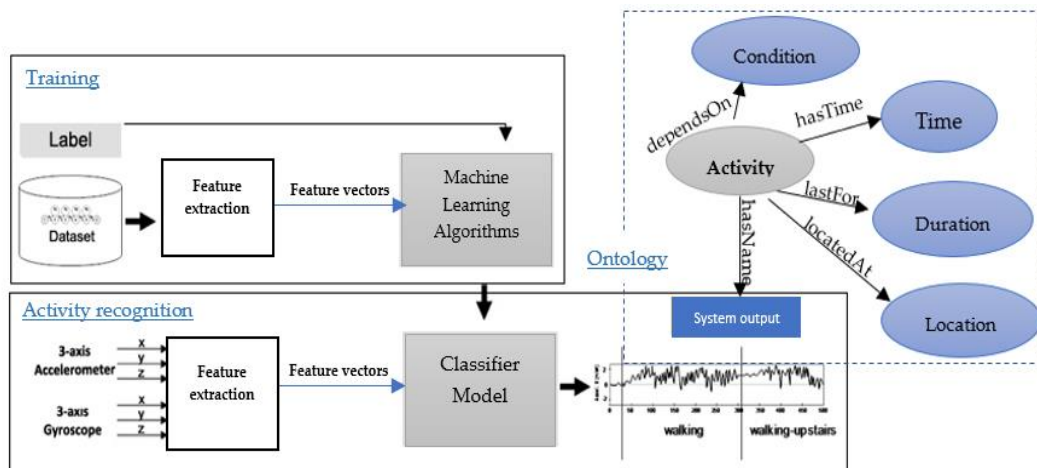


Figure: 33 A solution basée sur la classification de données avec des règles pour reconnaître l'activité

4.3.3.4. Détecteur de facteurs de risque

La gestion du risque devrait reposer sur trois entités principales interdépendantes: (1) le sujet du risque, qui symbolise la cible à surveiller (patient et environnement); (2) les conditions qui comprennent le profil médical, la localisation et le temps; et (3) l'événement incluant l'activité

et le changement de statut, que ce soit dans les paramètres physiologiques du patient ou dans l'environnement.

Un exemple de raisonnement de reconnaissance du risque basé sur une règle SWRL est présenté dans l'organigramme ci-dessous (Figure 34). Cet exemple illustre une explication supplémentaire des solutions de gestion des risques qui est basée sur les composants de risque mentionnés ci-dessus (sujet du risque, des conditions et des événements). Le patient « A » de la catégorie de profil 1 a des fréquences respiratoires anormales. Le patient est localisé à l'extérieur de domicile, selon la méthode proposée, le patient est classé en tant que sujet de risque et sa catégorie de profil de santé et son emplacement sont classés en tant que condition, tandis que l'activité « Course à pied » est liée à une classe de risque d'événement. Ensuite, la situation de risque est reconnue. Dans ce cas, la règle indique qu'il n'existe aucun risque grave lorsque le rythme respiratoire augmente pendant le jogging par rapport à un rythme de repos typique.

Rule 3:

Patient(?P)^Respiratory_Rate(?RP)^RespRate(?P,?RP)^locatedAt(?P,Outdoor)
 ^hasActivity(?P,Running)^hasCurrentValue(?RP,?CV)^hasMinNormalRunRange(?RP,?Min)
 ^hasMaxNormalRunRange(?RP,?Max)^swrlb:greaterThanOrEqual(?CV,?Min)^swrlb:lessThanOrEqual(?CV,?Max)-> has_Risk_Degree(?P,No_Risk)

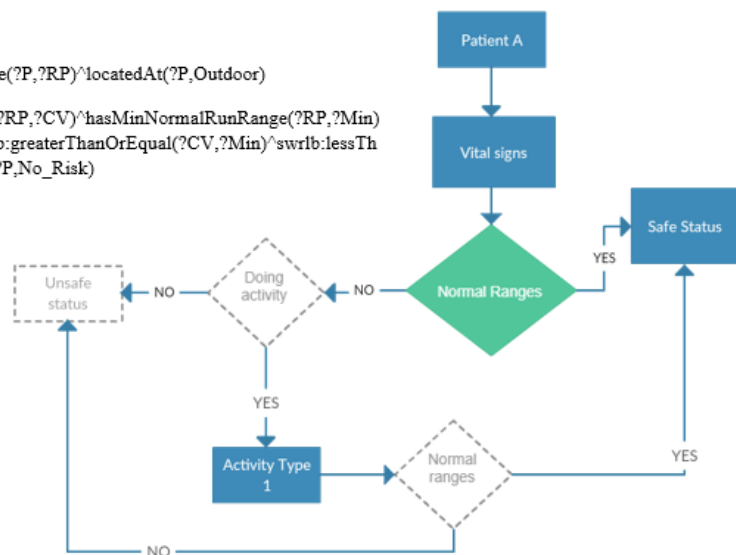


Figure: 34 Un exemple de reconnaissance des risques basé sur des règles

4.3.3.5. Services médicaux

Les services médicaux devraient être la véritable essence de ce travail. Ce système vise à fournir deux types principaux de services: les services de sécurité et l'évaluation du traitement. Pour les services de sécurité, chaque situation a généralement son propre niveau de risque. Tous les risques ne doivent donc pas être traités de la même manière. Le risque est divisé en différents types qui sont associés aux actions et recommandations appropriées. Le tableau 16 indique les risques et leurs niveaux en plus des services correspondants.

Tableau 15 : Services et recommandations

Niveau	Exemple	Service	Recommandation
Faible	La température ambiante est inférieure d'un degré à la température ambiante idéale	Message de notification	La température ambiante est hors de portée
Léger	Le patient a l'intention de faire un voyage en montagne à haute altitude (6000 pieds d'altitude)	Message d'alerte	Vous avez besoin d'un masque à oxygène et de vêtements d'hiver.
Modéré	Indice de qualité de l'air supérieur 151	Alerte médecin	-
Sévère	Fièvre; augmentation de la respiration sifflante, augmentation de la toux, augmentation de la fréquence cardiaque $\geq 20\%$	Appeler les services d'urgence	-

4.4 Conclusion

Dans ce travail, nous avons développé un système d'aide à la décision pour créer un environnement sûr pour les patients atteints de MPOC. Ce système est basé sur la description ontologique supporter par les règles de SWRL. L'ontologie proposée contient tous les concepts pertinents liés à la maladie pulmonaire obstructive chronique, y compris les informations personnelles du patient, la localisation, l'activité, les symptômes, les facteurs de risque, les résultats de l'examen de laboratoire et le plan de traitement. Les règles SWRL sont construites à partir des recommandations médicales, de la littérature et d'opinions d'experts indépendants. Sur la base de ces résultats, une extension descriptive et expérimentale est nécessaire pour

valider le système proposé afin de l'utiliser par les médecins et les patients. En outre, nous nous efforcerons d'utiliser de tels systèmes de manière pratique, car ils peuvent contribuer à améliorer la qualité de vie des patients atteints de la MPOC. À cet égard, il convient également de noter que le modèle peut être étendu en appliquant cette approche à d'autres maladies chroniques.

CHAPITRE 5

UN SYSTÈME MÉDICAL UBIQUITAIRE POUR LES PATIENTS ATTEINTS DE MPOC

Hicham Ajami *, Hamid Mcheick¹ et Karam Mustapha²

¹ Département de l'Informatique et Mathématiques, Université de Québec à Chicoutimi, QC G7H 2B1, Canada;

² Département de Génie mathématique et industriel, Polytechnique de Montréal, Station centre-ville,
* Correspondance: hicham.ajami1@uqac.ca

Résumé: Maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC) est l'un des enjeux de santé publique les plus graves au monde. L'informatique ubiquitaire crée une nouvelle opportunité de repenser le modèle traditionnel du système médical. Bien que de nombreux systèmes de soins de santé ubiquitaire se trouvent actuellement dans la littérature, il existe peu de recherches publiées sur l'efficacité de ces paradigmes dans le contexte médical. Ce papier conçoit et valide un cadre d'ontologie basé sur des règles pour les patients atteints de MPOC. Contrairement aux systèmes conventionnels, ce travail présente une nouvelle vision de la télémédecine qui favorisera l'autogestion et l'autonomie individuelle pour les patients atteints de MPOC grâce à une technique de prise de décision avancée. L'exactitude des règles était estimée à 89 % pour la surveillance des signes vitaux, et des facteurs environnementaux, et 87 % pour la valeur nutritive et les activités physiques.

Mots-clés: analyse de données; ontologie; système sensible au contexte; La MPOC; systèmes de santé;

5.1 Introduction

La MPOC a un impact significatif sur les individus et la société. De plus, la MPOC représente un fardeau économique pour le système de santé. Statistique du Canada [1], a classé la MPOC comme la cinquième cause de décès dans le pays. Des études montrent que les personnes atteintes de MPOC sont vulnérables à de nombreux événements naturels, facteurs environnementaux et aggravation soudaine de l'un des symptômes associés à cette maladie. Les dernières années ont été marquées par une augmentation généralisée du nombre de projets de télémédecine. Ce type d'intervention peut ouvrir une porte d'espoir pour faciliter l'autogestion et prévenir la détérioration de l'état de santé du patient. La télésanté fait référence à la surveillance à distance et aux soins des patients en dehors du cadre hospitalier. Typiquement, ces systèmes sont utilisés avec certaines maladies chroniques associées à de fréquentes rechutes. La détection précoce des symptômes aggravés aidera les patients à éviter les problèmes graves et les longs séjours à l'hôpital [2]. Le rôle de la télémédecine dans la MPOC est encore en discussion. En 2018, le Dr Jean Bourbeau, scientifique principal et professeur à l'Université de McGill a dit que “telemedicine, both its application and results, is still controversial in COPD and the monitoring of physiological parameters does not solve the problem of predicting exacerbations that could lead to early therapy and prevention of hospital admissions” [3]. Des études récentes soulignent des doutes sérieux sur les résultats de la recherche dans ce domaine [4–6].

Pourtant, les pneumologues croient encore que la télésurveillance peut jouer un rôle extrêmement important si elle est utilisée correctement. Brian Carlin, pneumologue et ex-président de MPOC Alliance, confirme que la reconnaissance des principaux déclencheurs chez chaque patient constitue le meilleur plan de protection de la santé pour prévenir les poussées et ainsi ralentir la progression de la maladie ; ceci passe par le maintien d'un style de vie actif dans un environnement contrôlé sans être exposé à de tels déclencheurs. Les spécialistes dans ce domaine ont suggéré que “it may be more valuable to build the telemonitoring and telecommunication technology in the management of COPD on what we

already know” [3]. Cela nécessite de travailler à trois niveaux différents : premièrement, trouver les seuils sécuritaires de facteurs environnementaux ; deuxièmement, ajuster les limites normales des biomarqueurs pertinents ; et troisièmement, déterminer les influences externes (par exemple les aliments, l'effort physique exagéré ou les facteurs climatiques) sur le corps du patient. La principale contribution de cette approche réside dans la surveillance et le contrôle intelligent des modifications persistantes des paramètres physiologiques et de l'environnement ambiant. Ce travail faisait partie d'un effort concentré pour créer des seuils de sécurité adaptative pour des biomarqueurs personnalisés, où les valeurs normales de ces signes vitaux sont souvent affectées par le profil médical, le type d'exercice en cours, la localisation, et le climat. Les facteurs environnementaux sont également l'un des irritants de la MPOC, où l'exposition cumulative à une multitude de risques climatiques tels que des taux d'humidité inadéquats ou des températures extrêmes, la pollution de l'air intérieur et extérieur, en plus des concentrations anormales d'oxygène dans l'atmosphère, peut menacer la santé pulmonaire du patient. L'élaboration de seuils d'alarme dynamiques est une contribution importante, car elle permettrait de promouvoir les services fournis et d'accroître l'utilité de la télésurveillance dans l'autogestion. De plus, un seuil personnalisé aidera à réduire la proportion de fausses alarmes et à faire la différence entre l'exacerbation réelle et la variation normale. Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de développer une représentation complète des connaissances pour capturer le contexte réel du patient afin d'éviter tout diagnostic erroné et de permettre une reconfiguration dynamique du seuil des troubles de la santé.

Une ontologie basée sur des règles pour prendre en charge des systèmes sensibles au contexte offre des solutions potentielles à la nature multiéchelle de MPOC. De nombreuses architectures sensibles au contexte ont été proposées, mais il n'existe aucune recherche publiée et validée sur l'efficacité de ces paradigmes informatiques dans le contexte de MPOC. Dans un travail précédent [7], nous avons conçu un cadre de raisonnement ontologique qui fournit aux patients atteints de MPOC un système sensible au contexte et basé sur des règles. Dans cet article, nous présenterons la validation de cette proposition et démontrerons son

efficacité à l'aide d'exemples simulés de scénarios réels et de données empiriques sur l'environnement, les activités, les symptômes et les paramètres physiologiques. Dans ce but, nous expliquons en détail les méthodes d'extraction des règles médicales de différents événements contextuels. Le document examine les plages normales de paramètres vitaux au cours de différentes activités de la vie quotidienne et fixe un seuil pour les conditions environnementales, qu'il soit à l'intérieur ou à l'extérieur, qui est adapté au profil médical de chaque patient.

Le reste du papier est organisé comme suit. Dans la section 2, nous passons en revue les plateformes de surveillance et les modèles basés sur des ontologies, en particulier ceux conçus pour les maladies pulmonaires chroniques, et montrons les faiblesses qui les rendent non viables. Dans la section 3, nous fournissons un aperçu général de notre travail qui se repose sur l'ontologie et des règles médicales. Dans la section 4, nous expliquons comment nous avons extrait les règles SWRL en utilisant l'analyse de données. Dans les sections 5, 6, 7 et 8 nous discutons le processus d'implémentation où nous décrivons les différentes étapes allant de la cueillette d'information, l'élaboration de proposition et la validation. Enfin, la section 9 présente la conclusion de recherche.

5.2 Travaux connexes

Depuis près de deux décennies, l'utilisation des ontologies médicales ne se limite plus à la définition de terminologies médicales telles que la nomenclature systématique de la médecine— termes cliniques (SNOMED CT) ou le système linguistique médical unifié (UMLS), mais est également devenue l'une des solutions les plus puissantes pour s'attaquer aux problèmes de santé graves et soutenir la gestion de grandes quantités de données complexes. Les ontologies ont également été utilisées dans des centaines de projets de recherche portant sur des problèmes médicaux tels que le diagnostic, l'autogestion et le traitement [8–12]. L'approche ontologique a prouvé son efficacité dans le domaine de la santé à distance ; par exemple, Lasier [13] et Rubio et al. [14] ont présenté des exemples robustes d'utilisation

d'ontologies dans le domaine de télésurveillance pour des maladies chroniques génériques et spécifiques. Lasierra a proposé une ontologie informatique autonome pour la gestion intégrée à domicile utilisant des capteurs médicaux. Rubio fournit une représentation formelle des connaissances décrivant l'effet des variations du contexte technologique sur la qualité des données cliniques et son impact sur le traitement du patient. Un autre exemple peut être trouvé dans [15] : Benyahia et al. ont développé une ontologie générique pour la surveillance des patients atteints de maladies chroniques. L'architecture proposée vise à détecter toute anomalie ou situation dangereuse en collectant des données physiologiques et de mode de vie. Hristoskova et al. [16] ont présenté un cadre d'intelligence ambiante basé sur une ontologie qui prend en charge la surveillance physiologique en temps réel de patients souffrant d'insuffisance cardiaque congestive. Ryu et al. [17] a proposé un modèle de contexte de santé omniprésent utilisant une ontologie ; le modèle extrait les informations contextuelles pour la mise en œuvre du service de santé, en prenant en compte les références et les environnements médicaux. Jong et al. [18] a conçu un système de santé interactif avec des capteurs portables qui fournit des services personnalisés avec des spécifications formelles basées sur une ontologie. Dans le même contexte, un cadre sensible au contexte basé sur une ontologie pour des soins personnalisés a été présenté par Ko et al. [19] comme une forme de technologie biomédicale portable. Une projection intéressante de l'ontologie dans ce domaine peut être trouvée dans [20], dans lequel les auteurs ont créé un service mobile contextuel visant à soutenir les aidants mobiles et à partager des informations afin d'améliorer la qualité de vie des personnes atteintes de maladies chroniques.

Outre l'intérêt porté à l'ontologie, la plupart des projets de santé liés à la prise de décision médicale assistée par ordinateur sont souvent modélisés à l'aide d'approches basées sur des règles. Le langage de règle du Web sémantique (SWRL) est apparu sur les axiomes existants du langage d'ontologie Web (OWL) du W3C afin de promouvoir l'expressivité du Web sémantique. La combinaison des spécifications OWL et SWRL offre d'autres fonctions d'inférence autres que la classification inductive des logiques de description, avec 78 fonctions

intégrées classées dans les comparaisons, les mathématiques, les valeurs booléennes, les chaînes, la date, l'heure et la durée, les URI et les listes [21]. Dans l'environnement médical, il existe plusieurs utilisations des règles ; par exemple, les règles si-donc peuvent être utilisées pour chaîner ou mapper les propriétés d'ontologies afin de réaliser l'intégration des connaissances. En appliquant des règles, le modèle de comportement de toutes les entités peut être exprimé, ce qui produirait de nouveaux faits et des services sur mesure. Quelques exemples sur l'intégration de règles dans les ontologies de la santé en tant qu'élément essentiel d'applications d'aide à la décision se trouvent dans [22–25]. Ces règles sont écrites en termes spécifiques pour déduire des informations utiles et fournissent ensuite des services de soins personnalisés aux patients chroniques en fonction de leur situation. Par exemple [22], a établi un ensemble de règles prédéfinies pour déclencher des alarmes lorsque les seuils critiques sont dépassés, pendant que [23–25] a utilisé des règles basées sur des ontologies pour l'informatique ubiquitaire, qui permettent de surveiller l'intégrité à tout moment et n'importe où. En outre, quelques projets de recherche ont étudié l'utilisation de SWRL pour faciliter le diagnostic. Ceux-ci incluent [26] et [27], qui ont fourni des ontologies basées sur des règles pour diagnostiquer les maladies cardiaques et le diabète, respectivement.

L'utilisation de l'ontologie dans la MPOC n'est limitée qu'à certains aspects de la vie des patients [8,11]. Par exemple, les auteurs de [12] ont développé une ontologie inspirée du paradigme de l'informatique autonome qui fournit des services configurables pour prendre en charge les soins à domicile. Les auteurs de [14] ont proposé un modèle prédictif pour extraire les attributs pertinents et permettre la détection précoce des détériorations, mais l'ontologie proposée vise à décrire la structure de base de l'application. Bien que de nombreuses recherches aient été effectuées pour évaluer l'importance de la télésanté dans la MPOC, le concept de services de soins intégrés en est encore à ses balbutiements. L'utilisation d'une cartographie sémantique entre les paramètres physiologiques, les facteurs environnementaux, les symptômes, l'activité physique et les données spécifiques au patient pour construire un système de surveillance de la MPOC à l'aide d'ontologies n'a pas été trouvée dans la littérature.

Ce travail constituera le premier élément constitutif de la création d'un système complet de prestation de soins de santé en temps réel, capable d'organiser divers scénarios de la vie quotidienne des patients atteints de MPOC dans un environnement sain et sûr.

5.3 Système sensible au Contexte

L'informatique ubiquitaire est considérée comme l'une des réalisations scientifiques les plus marquantes de la dernière décennie. Cette conception a créé une révolution dans les interactions des utilisateurs finaux grâce au concept de prise de conscience du contexte. L'informatique ubiquitaire offre une nouvelle opportunité de repenser le schéma des solutions conventionnelles, car il peut facilement adapter ses processus en fonction de situations contextuelles existantes. De nombreuses architectures théoriques ont été proposées pour permettre une informatique contextuelle dans des environnements ubiquitaires, en particulier dans le domaine de la santé. L'architecture globale des systèmes sensibles au contexte et du processus de développement se trouve dans [7,28]. Dans ce travail, nous distinguons quatre composantes principales : l'acquisition du contexte, la représentation, le raisonnement et l'application. Les fonctions d'acquisition du contexte permettent d'interroger des périphériques physiques pour obtenir des données contextuelles. Étant donné les diverses caractéristiques des informations contextuelles telles que l'hétérogénéité, la dynamique et les imperfections, il est essentiel de définir un modèle pour décrire ces données. Il existe trois principaux types d'approches pour représenter le contexte : l'approche par clé valeur, l'approche orientée objet et l'approche ontologique. En plus des informations de contexte, des schémas de raisonnement sont mis en œuvre pour développer des applications et des services pour des besoins particuliers.

Dans ce travail, un grand nombre de règles avec une ontologie pour un système médical expert ont été décrites. Le système proposé fournit une infrastructure de surveillance

intelligente permettant de suivre l'état physique des patients, de suggérer des recommandations et d'effectuer des interventions en temps voulu.

Ce processus implique l'observation et le contrôle du comportement des paramètres physiologiques et de l'environnement. Par conséquent, le système adapte les seuils de sécurité de signes vitaux en fonction des facteurs démographiques, du profil médical, de l'activité physique et de l'ambiance extérieure. Le projet présenté a démontré ses avantages non seulement en termes de réponses en temps réel, mais également en prévoyant les changements du corps à l'avance en fonction des effets des déclencheurs potentiels. En raison de la complexité de ce domaine de connaissances, nous avons établi une approche basée sur des scénarios pour coordonner l'évolution d'un tel système décisionnel.

La construction de scénarios est régie par l'exécution d'une stratégie modulaire séquentielle et de règles fondées sur des preuves. Cette architecture est conçue et implémentée en quatre couches distinctes : la couche d'acquisition est dédiée à la collecte et à la transmission appropriée de différentes sortes de données, telles que le profil médical du patient souffrant de MPOC, les biomarqueurs et les informations environnementales, qu'elles soient recueillies à partir de capteurs de surveillance portables ou fixes. La couche sémantique ou le schéma ontologique a été utilisé pour interpréter des informations complexes et traduire le contexte réel du patient dans un langage compréhensible et accessible à la machine.

La représentation générique de la couche sémantique consiste en un ensemble d'ontologies interdépendantes et de nombreux concepts liés à la maladie pulmonaire, à l'environnement, aux dispositifs et aux informations personnelles et médicales du patient [3]. Ainsi, au niveau macro, le système de surveillance vise à détecter tous les événements dangereux susceptibles d'influencer les patients atteints de MPOC. Puisque OWL a des limites d'expressivité pour la représentation de nombreux types d'informations contextuelles, en particulier les instructions si-donc, nos ontologies ont été étendues avec des règles

d'enchaînement. Ces règles ont été exprimées dans le langage de règle du Web sémantique (SWRL) pour décrire toutes les implications et conséquences. Les règles proposées sont extraites de l'analyse des données, des directives médicales existantes et des opinions des pneumologues.

En pratique, ces règles sont utilisées par un moteur d'inférence pour dériver de nouveaux faits, détecter des événements et prévoir les risques potentiels. La nouveauté de ces règles réside dans la structure dynamique, qui a la capacité de configurer et de reconfigurer les limites sécurisées en fonction des circonstances et des contextes actuels.

Figure 35 fournit une explication simplifiée des relations entre les entités constitutives du système. Dans notre système, le contexte désigne les informations qu'il recueille pour déterminer les conditions environnementales et l'état de santé d'un patient. Les données les plus importantes proviennent des capteurs médicaux. Chaque capteur recueille des données et les transmet au téléphone portable du patient via un protocole de communication. Le téléphone mobile sert d'intermédiaire entre le serveur et les capteurs, envoyant les données détectées aux serveurs pour un traitement ultérieur. Une fois que le téléphone a téléchargé les données du capteur, le système les stocke dans la base de données des patients et les analyse de manière autonome à l'aide du moteur de raisonnement. Ce processus consiste à comparer les données reçues à un ensemble de données préexistantes relatives au patient, telles que les intervalles normaux recommandés pour chacun des paramètres détectés. L'environnement opérationnel de ce système est divisé en quatre parties principales.

La première partie est la collecte de données. Ces données sont réparties entre le profil médical du patient, obtenu au stade du diagnostic, et les informations contextuelles que nous pouvons obtenir à partir de capteurs virtuels et réels. Toutes ces informations doivent être conservées dans des bases de données personnalisées et cohérentes par rapport à l'objectif, qu'il s'agisse de dossiers médicaux électroniques ou de bases de données classiques, afin de gérer le contexte en temps réel.

Figure 1. Architecture of the proposed system.

The diagram illustrates the architecture of the proposed system, showing the flow of data and services between various components.

Key Components and Interactions:

- Patient:** Interacts with the **Diagnosis** box and the **Context of patient** box.
- Context of patient:** Connected to **Wearable sensors**, **Environmental sensors**, and **Virtual sensors** via bidirectional communication.
- Real-time data:** A central data source that feeds into the **Ontology knowledge base** and the **Rules Base**.
- Ontology knowledge base:** A complex network of concepts and relationships that provides data to the **Rules Base**.
- Rules Base:** Contains **Biometrics Rules**, **Environmental Rules**, and **Activities Rules**. It is updated via **Update rules**.
- Data warehouse storage:** Receives data from **Real-time data** and **Data analytics**.
- Data analytics:** Processes data from the **Data warehouse storage** and provides **Update rules** to the **Rules Base**.
- Services:**
 - Patient Interface:** Provides **Risk assessment of vital signs**, **Risk assessment of external risk factors**, and **Risk assessment of planned activity**.
 - Physician Interface:** Provides **Real time monitoring**, **Making decision support**, and **Evaluation of treatment**.

Legend:

- Internal communications system
- ↔** Communication between system and sensors
- - -** Communication between system and data warehouse storage
- - - - -** Data transfer

La troisième partie est liée aux fonctions du système ; les services offerts par le système sont divisés en deux catégories principales : (1) les services aux patients, qui comprennent une évaluation des signes vitaux, une évaluation des facteurs de risque externes et une estimation des effets globaux des activités (2) services des soignants censés fournir des interfaces multitâches pour la surveillance, la prise de décision et l'évaluation des

traitements en temps réel. La dernière partie contrôle tous les processus en arrière-plan. La dynamique est l'une des principales caractéristiques de ce système. Il développe ses faits en permanence, car il envoie périodiquement des informations brutes et dérivées aux entrepôts de données pour une analyse plus approfondie. Ce cycle permet au système de mettre à jour ses règles et de promouvoir des services de santé personnalisés. Dans la prochaine section, nous étudierons les méthodes d'extraction des règles médicales de la MPOC.

5.4 Extraction de règles

En vue de l'extraction des règles, nous avons effectué une analyse des données, examiné les directives médicales, interrogé des experts et examiné les sources publiées afin de cartographier les biomarqueurs de patients atteints de MPOC en fonction de divers modèles de vie réelle. Une règle est une description de la manière dont un patient est affecté par des caractéristiques corporelles internes et des facteurs environnementaux externes. L'obtention de règles médicales à partir de ressources existantes implique l'extraction d'informations, l'analyse, le filtrage de données non souhaitées et l'affinage de plages de valeurs.

5.4.1 Règles des signes vitaux

En thérapie clinique, chaque patient doit être reconnu comme une personne ayant un état de santé unique. Toutefois, le regroupement de patients présentant un profil médical similaire constitue une excellente solution pour traiter des maladies. Contrairement aux travaux précédents et sur la base de ce principe scientifique, nous avons étudié tous les facteurs pertinents en fonction du profil médical personnel, qui comprend les informations démographiques et le dossier clinique des patients.

Hurst et al. [29] et Rajeh et al. [30] ont identifié les principaux paramètres physiologiques et les principaux symptômes à surveiller. Comprendre l'ampleur maximale

possible du changement pour chaque variable dans différents scénarios est crucial pour la détection précoce d'exacerbations pulmonaires. Dans la section suivante, nous essaierons de déterminer comment ces paramètres changent chez les patients atteints de MPOC selon différents profils médicaux et au cours d'activités quotidiennes courantes. Les différences de profil aident à expliquer les divergences dans les soins médicaux reçus par les patients atteints de MPOC. Après avoir examiné les lignes directrices, il est recommandé de diviser la population de patients en groupes ou en quartiles selon leur âge, sexe, stade, indice de masse corporelle (IMC), fumeur, médicaments et comorbidité. Identifier les facteurs susceptibles d'indiquer que quelque chose ne va pas avec le patient MPOC (quelque chose de mauvais est sur le point de se produire) était une tâche ardue et longue. Cette étude établit 11 paramètres physiques à surveiller : température corporelle, la pression artérielle, la fréquence cardiaque, la pression partielle d'oxygène (PaO_2), saturation en oxygène (SpO_2), dioxyde de carbone sous pression partielle (PaCO_2), la consommation d'oxygène (VO_2), la fréquence respiratoire, pH sanguin, bicarbonate HCO_3 et FEV1. Comprendre le rôle de ces biomarqueurs et de leurs valeurs normales chez les patients MPOC stables dans tous les scénarios possibles nous permet de détecter un danger grave et imminent. Les patients ont été séparés horizontalement par leur sexe, âge et stade ; ces groupes ont ensuite été reclassés verticalement en fonction des effets de l'IMC, du tabagisme, des médicaments et des comorbidités sur les signes vitaux. Pour illustrer ce point, nous allons fournir un exemple pour expliquer les modifications de la fréquence cardiaque avec différents profils.

Fréquence cardiaque

L'analyse des données obtenues à partir des dossiers médicaux [31–33] montre que la fréquence cardiaque chez les femmes peut être légèrement différente de celle des hommes. Figure 36 montre que la fréquence cardiaque des femmes est supérieure à celle des hommes à tous les âges ; cette différence augmente au début de l'âge moyen et diminue à la fin de l'âge

adulte. En revanche, l'analyse globale montre une baisse remarquable dans la fréquence cardiaque (Figure 37).

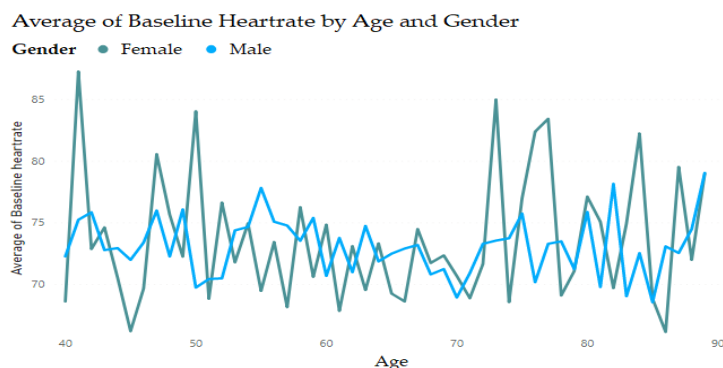


Figure: 36 Fréquence cardiaque selon l'âge et le sexe.

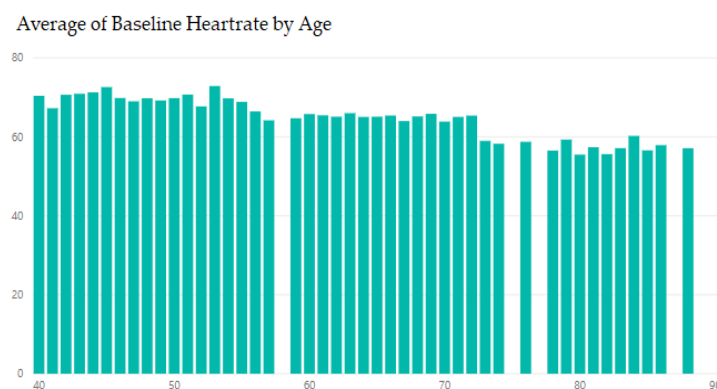


Figure: 37 Fréquence cardiaque par âge.

Dans le même contexte et afin d'évaluer si l'effet attendu de l'âge a réellement une influence déterminante sur la variabilité de la fréquence cardiaque, nous avons conçu le paradigme de l'analyse de contrôle suivante. Nous avons échantillonné 1370 patients de sexe masculin, âgés de 40 à 90 ans, et évalué toutes les caractéristiques principales telles que le stade de la MPOC, le sexe, l'IMC et les comorbidités. Pour les patients masculins en phase I, les résultats sont les suivants : 72.6 ± 12 battements/min pour ceux âgés de 40–50 ans ; 69.2 ± 11 battements/min pour ceux âgés de 50–60 ans ; 68.70 ± 9 battements/min et 69.0 ± 10

battements/min pour les patients âgés entre 60–70 et 70–80, respectivement ; et 67.20 ± 9 battements/min pour les patients qui sont plus que 80 ans (voir Tableau 17).

Tableau 16 : Variation de la fréquence cardiaque.

Patients N=1370		Âge 40-50 N=223	Âge 50-60 N=295	Âge 60-70 N=307	Âge 70-80 N=280	Âge 80-90 N=265	Valeur p
Classification principale	Stade I	72.6±12	69.2±11	70.1±8	68.70±7	67.20±9	< 0.005
	Stade II	74.6±13	72.3±12	71.3±11	70.3±10	69.3±12	< 0.005
	Stade III	77.5±13	75.2±12	74.2±11	73.6±11	72.6±10	< 0.005
	Stade IV	84.9±14	82.2±13	81.2±12	80.2±10	79.2±11	< 0.005
Modification de la classification principale, écart type, l'odds ratio, intervalle de confiance et valeur P							
		Moyen	Changement (SD)		OR	CI 95%	Valeur P
Fumeur		80.1	6.6±10		0.573	0.43-0.76	< 0.001
IMC	Poids insuffisant	-	-		-	-	NS
	Ordinaire	-	-		-	-	NS
	En surpoids	-	-		-	-	NS
	Obèse	82.6	9±4		0.673	0.51-0.88	.004
Médicament d'inhalateur		80.7	7±3		1.512	1.15-1.98	.003
Comorbidités	ICC	83.8	9.6±10		0.43	0.28-0.65	< 0.001
	HTAP	-	-		-	-	NS
	Anémie	79.5	7±10		0.954	0.89-0.97	< 0.001
	DHI	-	-		-	-	NS
	HP	84.3	10±13		0.776	0.58-0.98	.0037
	RGO	-	-		-	-	NS
Exercice	Asthme	78.8	8±10		0.46	0.30-0.71	< 0.005
	Sédentaire	76.3	3±10		1.22	0.75-1.9	NS
	Faible	85.5	9±15		0.931	0.87-0.99	.0035
	Modéré	125.6	29±18		1.007	0.99-1.006	< 0.001
	Vigoureux	145.3	43±25		0.895	0.87-0.91	< 0.001

En revanche, la fréquence cardiaque au repos augmentait avec la gravité de la MPOC ($p < 0.005$), tandis que la fréquence cardiaque au repos des personnes âgées de 40 à 50 ans est passée de 72.6 ± 12 au stade I à 84.9 ± 14 au stade IV. L'analyse a démontré que le tabagisme augmentait la fréquence cardiaque de base à un taux allant de 6 à 10 battements/min. Les valeurs fournies pour les fumeurs représentent la fréquence cardiaque moyenne au repos et les différences entre les proportions de l'échantillon dans les mêmes conditions.

La fréquence cardiaque au repos était également associée à l'obésité et à l'utilisation de médicaments à inhaler à tous les stades de la MPOC ($p < 0.004$ et $p < 0.003$). Les patients MPOC ont tendance à avoir de nombreux autres problèmes de santé, la MPOC est

fréquemment associée à diverses maladies telles que l'insuffisance cardiaque congestive (ICC), la cardiopathie ischémique (DHI), l'hypertension artérielle pulmonaire (HTAP), le reflux gastro-œsophagien (RGO), hypertension artérielle (HP), asthme et anémie. La modification du rythme cardiaque n'a été associée qu'à quatre comorbidités, l'ICC, l'anémie, le HTAP et l'asthme, alors que l'hypertension artérielle, le DHI et le RGO n'étaient pas statistiquement significatifs. L'activité est l'un des facteurs clés du changement du rythme cardiaque. Le rythme cardiaque diffère d'une personne à l'autre pendant l'exercice ou lors de tout effort physique ; cette variation est déterminée par des équations mathématiques avec un degré de précision acceptable. L'activité serait classée en quatre catégories : la première est sédentaire, ce qui nécessite le moins d'effort, ou en d'autres termes, le taux minimal de consommation d'oxygène (p.ex. dormir, s'asseoir), la seconde est appelée activité de faible intensité (p. ex. marcher lentement, manger, préparer un repas, prendre une douche) ; la troisième catégorie est définie comme une activité physique modérée (p.ex. la marche rapide, le jardinage, le ménage) ; et la quatrième catégorie est le niveau d'intensité vigoureux (p. ex. jogging / course à pied, natation, monter les escaliers, faire du sport, porter un objet lourd).

En résumé, cette analyse prouve que la fréquence cardiaque varie en fonction du profil médical du patient, ce qui affectera les limites normales de ce signe vital pendant les activités physiques. La même méthodologie analytique a été utilisée pour les autres paramètres physiologiques mentionnés ci-dessus.

5.4.2 Règles d'intérieur

Selon la direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs (DGSESC), les Canadiens passent environ 90% de leur vie à l'intérieur [34], souvent en raison de la nature extrême du climat. Par conséquent, il est très important de faire attention à la qualité de l'air intérieur, à la température, à l'humidité et à la pression, en particulier dans la mesure où les patients atteints de MPOC doivent vivre dans un environnement sûr, à l'abri de tout type d'irritants. Sur la base des résultats d'un large éventail

d'études [35–47] portant sur les conditions environnementales internes, nous avons pu établir des limites sûres pour tous les facteurs de climat intérieur. Les fondements de la protection interne ont été traduits dans un arbre hiérarchique, comme illustré à la Figure 38. Dans certains cas, les seuils intérieurs définis comme confortables n'ont pas de corrélation significative avec le profil médical du patient, alors que dans d'autres cas, ces seuils étaient fortement corrélés à la gravité du profil du patient. L'examen détaillé de tous ces facteurs nécessite beaucoup d'espace, nous allons donc simplement énumérer certaines des constatations existantes.

Osman et al. [35] a mené une expérience sur un échantillon de 254 participants. L'âge moyen des patients était de 69 ans avec un écart type de 8,2; 45% d'entre eux étaient des hommes. L'échantillon comprenait les stades légers, modérés et sévères; fumeurs et non-fumeurs. Osman cherchait à déterminer si l'état de santé des patients atteints de MPOC était associé aux normes recommandées de températures intérieures. Cette étude a démontré que les enregistrements respiratoires optimaux ont été obtenus à une température supérieure à 21 °C dans le salon et à au moins 9 heures à 18 °C dans la chambre à coucher pendant la nuit. Mu et al. [36] Mark a constaté que la température intérieure devrait être maintenue à une moyenne de 18,2 °C. Le rapport annuel de l'OMS sur les statistiques sanitaires mondiales recommande que, pour certains groupes, tels que les personnes de plus de 65 ans, le seuil minimal de chaleur à l'intérieur soit de 20 °C, mais rien n'indique que ces résultats soient applicables aux maladies pulmonaires chroniques [37,38]. Le Slim Skinny Reference Guide (SSRG) [39] pour la fondation de la MPOC et Excellus BlueCross BlueShield [40] ont suggéré de maintenir l'humidité intérieure inférieure à 40% et supérieure à 30%, respectivement, afin d'éviter les influences néfastes. La pression intérieure a un effet important sur la respiration. Il a été démontré qu'une pression négative à l'intérieur peut introduire des polluants nocifs [41,42]. En règle générale, une pression atmosphérique positive signifie que l'espace intérieur est complété par 5 Pa / 0,02 WC d'air filtré par rapport à la pression atmosphérique extérieure [43]. Dans les différentes salles, les zones les plus sensibles ou les lieux où le patient reste longtemps pendant la journée doivent être les plus sous pression. Toutefois, Ansley [44] a

indiqué de manière indirecte que la pression atmosphérique à l'intérieur de la chambre pourrait être maintenue au niveau de la mer. Par définition, la pression standard au niveau de la mer est égale à 101,3 kPa = 760 mmHg [45].

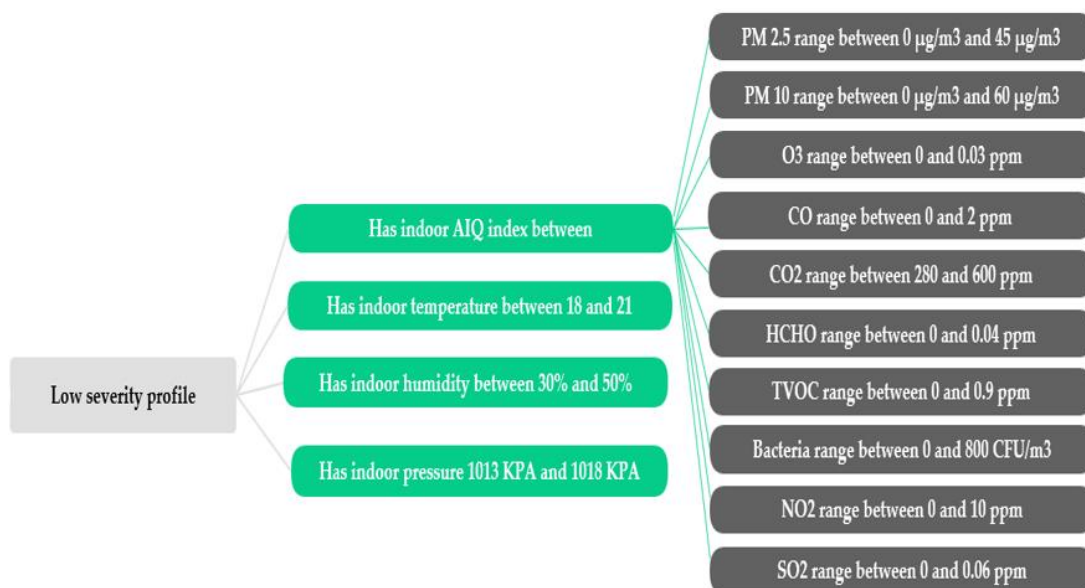


Figure: 38 Un exemple de règles intérieur avec un profil de gravité faible

La pollution de l'air est considérée comme l'un des déclencheurs les plus courants d'exacerbations. Parfois, les niveaux de polluants dans les maisons peuvent être des dizaines de fois supérieures aux recommandations pour la qualité de l'air extérieur. Par conséquent, la qualité de l'air intérieur est une préoccupation et doit être surveillée en tout temps. Wang et al. [46] a développé un système d'indice de qualité de l'air intérieur (IQAI) basé sur l'évaluation des risques pour la santé. L'IQAI proposé est similaire à l'indice de la qualité de l'air (IQA) élaboré par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA). Dans cette recherche, Wang a suggéré de fixer le seuil de protection de la santé de la qualité de l'air intérieur à 150 points pour les personnes souffrant de maladies respiratoires. Dans le même contexte, Saad et al. [47] a présenté un autre indice environnemental intérieur. La valeur et le statut de l'IQAI sont divisés en quatre catégories: bon (100–76), normal (75–51), insalubre (50–26) et dangereux (25–0). Saad a mentionné dans son projet que seuls les niveaux bons et

modérés sont appropriés pour des groupes de personnes sensibles. Les règles de sécurité de la qualité de l'air intérieur dans ces deux indicateurs sont presque identiques, et nous adopterons l'indice le plus strict en cas de valeurs différentes. La qualité de l'air intérieur est généralement évaluée en mesurant séparément les principaux polluants atmosphériques tels que PM10, PM2.5, O3, CO, CO2, HCHO, TVOC, bactéries, champignons, NO2, et SO2.

5.4.3 Règles d'extérieur

Il existe plusieurs raisons pour lesquelles des environnements extérieurs sains sont importants pour les patients atteints de MPOC. Contrairement à l'environnement interne, nous ne pouvons pas contrôler les facteurs environnementaux externes. Six facteurs principaux affectent le patient: la température extérieure, l'humidité, la vitesse du vent, les précipitations, la pression atmosphérique et la qualité de l'air. Comme pour les paramètres physiologiques et les conditions environnementales internes, et compte tenu des contraintes d'espace, nous tenterons de donner une image claire de la manière de sélectionner des limites environnementales externes sûres.

Dans les recherches et les essais cliniques fournis par [35,48–54], les problèmes respiratoires et les exacerbations étaient fortement corrélés à la température extérieure. Par exemple, Madaniyazi et al. [52] a étudié la relation entre les variations de la fréquence cardiaque (FC) et de la pression artérielle (PA), y compris la pression artérielle systolique (PAS) et la pression artérielle diastolique (PAD), et les changements saisonniers de la température ambiante. Ce travail a classé les participants sur la base d'un ensemble de caractéristiques physiques et sociales telles que l'âge, le sexe, l'IMC, les habitudes, l'activité physique, les habitudes alimentaires, le revenu, le niveau d'éducation, le type de travail et les antécédents médicaux. L'analyse a conclu que le temps froid et chaud avait un impact évident sur la FC et la PA, mais dans des proportions différentes selon les informations individuelles de chaque patient. En général, pour une exposition prolongée au froid de la population totale,

une diminution de 1 °C de la température moyenne en dessous du seuil de température (estimée à 22 et 27 °C pour FC et PA, respectivement) était associée à une augmentation de 0,063 battement/min de FC, une augmentation de 0,129 mmHg de PAS, et une augmentation de 0,065 mmHg de PAD. Par contre, le temps chaud était positivement corrélé à la fréquence cardiaque et à la pression artérielle, une augmentation de 1 °C de la température moyenne au-dessus du seuil (précédemment mentionné) était associée à une augmentation de 0,133 battement/min du FC, à une augmentation de 0,605 mmHg de la PAS et une augmentation de 0,128 mmHg du PAD [52].

Dans le même contexte, Donaldson et al. [53] a étudié l'effet de la température sur la fonction pulmonaire et les symptômes de la MPOC. Les auteurs ont découvert que le volume expiratoire maximal en une seconde (VEMS) et la capacité vitale forcée (CVF) diminuaient de manière remarquable de 44,9 mL (à $2,20 \text{ mL} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ à l'extérieur et l'intervalle compris entre -113, -229 mL) et de 74,2 mL (à $3,64 \text{ mL} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ à l'extérieur et dans l'intervalle compris entre -454 et -991 mL), respectivement, entre les semaines les plus chaudes, avec une température moyenne de 21,1 °C et les semaines les plus froides avec une température moyenne de 0,78 °C. La recherche a montré que l'ampleur de l'effet était assez similaire [54], avec une diminution du VEMS de 0,71% et 0,59% pour chaque augmentation de 10 °F de la température ambiante moyenne annuelle, estimée à environ 57 °F sur deux études de cohorte. L'organigramme de la Figure 39 résume ces réflexions étendues liées à la température extérieure.

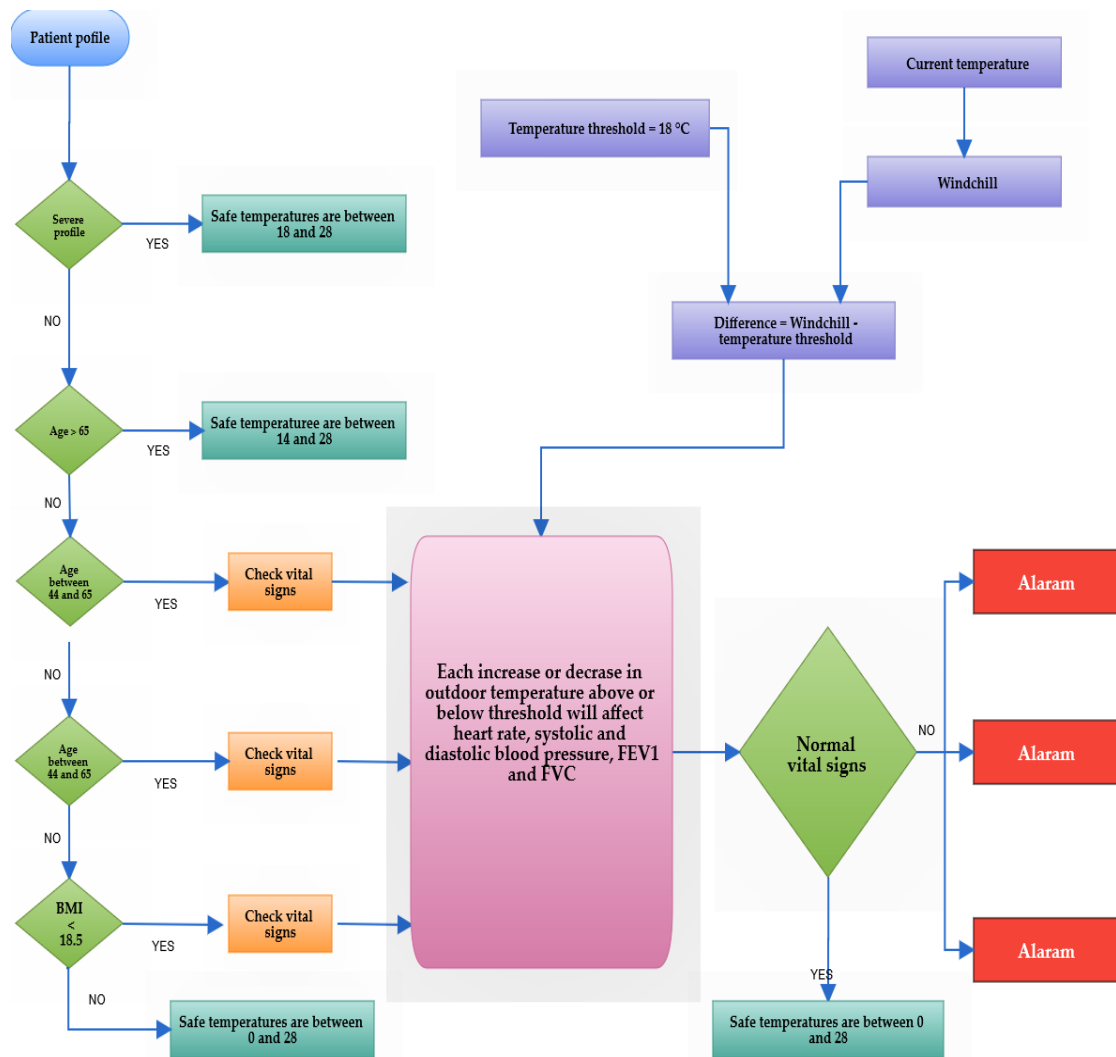


Figure: 39 Règles de la température externe.

L'air ambiant est composé d'environ 78% d'azote (N₂), 21% d'oxygène (O₂) et 1% d'autres gaz, dont 0,038% pour le dioxyde de carbone (CO₂) [55–57]. Au niveau de la mer, où la pression barométrique standard est de 760 mmHg, les pressions partielles estimées de ces trois gaz peuvent être de 593 mmHg pour N₂, de 160 mmHg pour O₂ et de 0,02 mmHg pour CO₂ [55]. À haute altitude, la pression atmosphérique agissant sur les gaz atmosphériques est nettement inférieure à la pression ordinaire au niveau de la mer. Par conséquent, les molécules d'oxygène dans l'air sont davantage séparées les unes des autres, ce qui réduit la concentration en oxygène dans l'air et, partant, la saturation en oxygène dans le sang [58], ce qui peut présenter des risques pour les personnes atteintes de MPOC.

Il existe plusieurs références décrivant les rapports d'oxygène et de dioxyde de carbone avec le changement d'altitude, de température et de pression [59]. Ces tableaux de référence nous aident à développer la première couche de règles de protection.

La formule barométrique et hypsométrique pour les altitudes comprises entre 0 km et 11 km est décrite dans l'équation suivante: $P = 760 \times (1 - Hb/4430.76923)^{5.255876}$ fourni par [60], où la pression P et l'altitude Hb sont exprimées en mmHg et m, respectivement. L'analyse des réponses physiologiques à une pression atmosphérique extrême a révélé la présence d'une relation directe significative. Dans une étude de régression, Mingi et al. [61] a montré une augmentation progressive de la prévalence de l'hypertension de 2% à chaque 100 m d'altitude. Cette pression plus élevée signifie que le cœur doit travailler plus fort pour pomper le sang dans les artères [62].

Dans le même temps, l'exposition à une pression barométrique basse doit entraîner une diminution de la PaO₂ dans les alvéoles, entraînant une réduction de la saturation en oxygène du sang (SpO₂) [55,63]. Étant donné la gravité variable de la MPOC, Dillard et al. [64], a développé des équations pour estimer la PaO₂ à haute altitude, en incorporant la PaO₂ au sol et le VEMS prévu. La pression partielle d'oxygène dans le sang artériel (PaO₂) du patient atteint de MPOC avec un VEMS de base inférieure à 1,5 L doit être évaluée avant le déplacement en haute altitude afin de déterminer si les conditions pulmonaires nécessitent un apport supplémentaire en oxygène, sur la base de l'équation de régression fournie par Dillard [64]: $PaO_2 \text{ altitude} = (0.5196 \times PaO_2 \text{ sea level}) + (11.856 \times FEV1) - 1.76$. Netzer et al. [65] a vérifié les résultats liés aux fluctuations de la SpO₂ et de la fréquence cardiaque lors d'une randonnée en montagne; les auteurs ont constaté que les valeurs de SpO₂ étaient nettement inférieures et que les valeurs de fréquence cardiaque étaient nettement supérieures dans un environnement de haute altitude. Dans le même contexte, Maldonado et al. [66] a évalué les risques dans les hautes terres en comparant les effets de la pression barométrique inférieure sur les patients atteints de MPOC au repos et pendant l'exercice. L'étude a fourni une

description détaillée du temps d'endurance, de la capacité inspiratoire, des gaz du sang artériel et du lactate. Les règles de pression barométrique à haute altitude aident les patients à déterminer s'il est sans danger de se rendre à une altitude intermédiaire.

En bref, l'exposition en altitude n'est pas recommandée chez les patients atteints de MPOC sévère; cependant, ces règles pourraient minimiser le risque d'effets indésirables et déterminer le niveau d'activité physique nécessaire pour assurer une santé optimale et prévenir les exacerbations. Sur la base de ces informations, nous avons développé un algorithme permettant d'évaluer l'effet de la basse pression barométrique sur les composés de l'air (O₂ et CO₂) et la température de l'air, qui se reflètent dans les signes vitaux du corps tels que SpO₂, la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire et PaCO₂ (voir la Figure 40). Les règles proposées vérifient l'altitude périodiquement ou lorsque cela est nécessaire pour calculer la modification des paramètres biologiques, comme indiqué à la Figure 41.

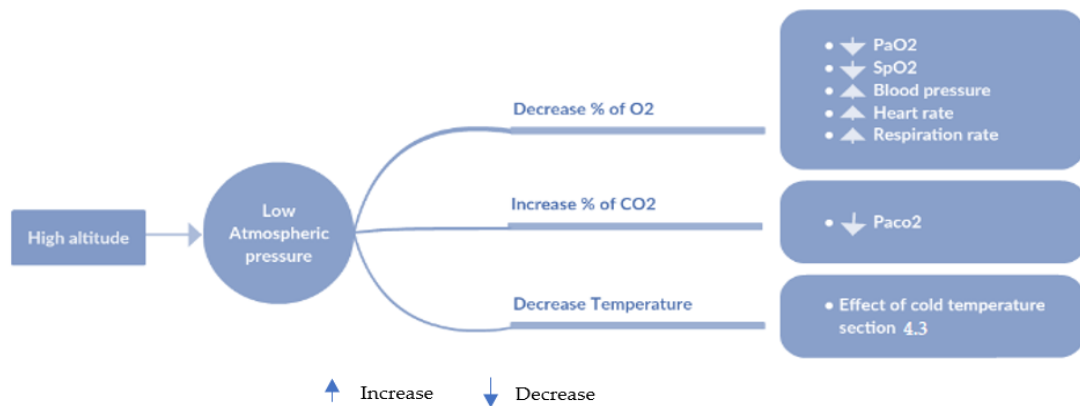


Figure: 40 L'effet de la pression atmosphérique

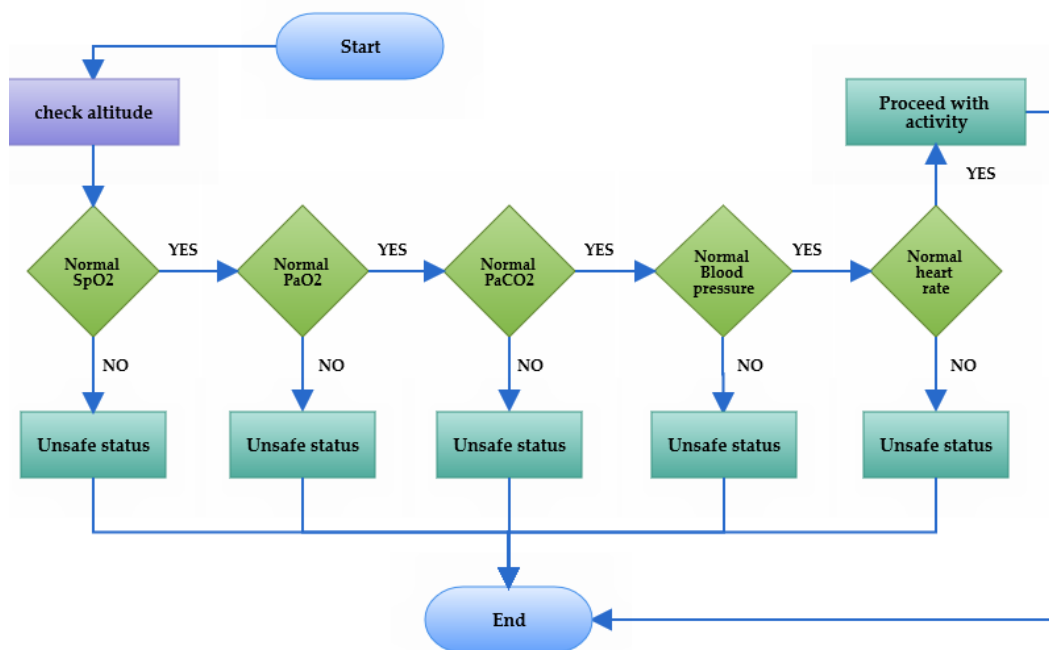


Figure: 41 Un simple organigramme des règles d'altitude et des biomarqueurs.

Les recherches menées dans le domaine médical ces dernières années ont confirmé qu'une exposition à court et à long terme aux polluants atmosphériques augmente le risque d'exacerbation de la MPOC [67,68]. Le respect des réglementations et normes environnementales réduit les niveaux de pollution de l'air et le fardeau de l'exacerbation de la MPOC. De nombreux pays et organisations utilisent l'indice de qualité de l'air pour évaluer les concentrations de polluants atmosphériques. Cependant, il existe peu d'études sur les effets indésirables cliniques de la pollution de l'air extérieur chez les patients atteints de MPOC. Les polluants dans l'air ambiant peuvent être classés en types primaire et secondaire en fonction des composés et du processus de formation. Plusieurs politiques et recommandations fondées sur des preuves concernant la qualité de l'air ont été élaborées afin de réduire les effets de la pollution sur la santé et la sécurité des personnes. Dans ce travail, nous avons adopté les différents objectifs et normes de qualité de l'air du Canada: les objectifs nationaux du Canada sur la qualité de l'air ambiant [69], les normes de qualité de l'atmosphère sur l'ensemble du territoire québécois [70], les critères de qualité de l'air ambiant (CQAA) [71] élaboré par le ministère de l'Environnement et du Changement climatique de l'Ontario et l'objectif de qualité

de l'air ambiant de la Colombie-Britannique [72]. Ces normes nous ont aidés à créer quatre niveaux de protection basés sur le profil du patient (voir Tableau 9).

Les informations traditionnelles indiquent que les taux d'humidité optimaux vont de 30 à 60%, mais Tseng [49] a constaté qu'un taux d'humidité plus bas, commençant autour de 34%, était associé positivement à des paramètres liés à une augmentation de l'exacerbation de la MPOC et à des hospitalisations avec plus d'heures d'ensoleillement. Une étude en Hong Kong [73] a soutenu cette affirmation selon laquelle l'air sec peut aggraver les symptômes, notant que le système respiratoire des patients atteints de MPOC semble être protégé par l'humidité contenue dans l'air. Inversement, Freitas et al. [74] et Hayes et al. [75] ont démontré les effets indirects de l'humidité élevée et du climat chaud sur les maladies respiratoires et circulatoires. Dans cet article, nous avons développé une référence de température humidité pour contrôler les activités en plein air et définir le temps d'exposition maximal par 24 h (pour plus d'informations, voir le Tableau 10).

5.4.4. Adaptation au contexte dynamique

Face à la nécessité croissante d'adapter les services au contexte du patient, nous avons ajouté de la vitalité à la structure des règles proposées. Dans ce projet, nous avons utilisé des règles avec seuil dynamique au lieu de valeurs prédéfinies et statiques. Beaucoup de constantes sûres ne le resteront pas tout le temps. Des niveaux biométriques prolongés et constamment élevés sont indésirables, même si les valeurs capturées sont normales dans une certaine mesure. En revanche, certaines variables environnementales peuvent également avoir un effet négatif si la durée d'exposition dépasse les limites autorisées ou coïncide avec un autre facteur déterminant (par exemple, la température, la vitesse du vent et l'humidité). Les limites de la zone de sécurité sont souvent espacées, c'est-à-dire qu'il existe une grande marge entre les limites haute et basse. Les règles développent et minimisent automatiquement les zones sûres d'humidité, de chaleur et d'indice de qualité de l'air en fonction du temps

d'exposition et d'autres facteurs connexes. Par exemple, le seuil de sécurité pour les PM10 est 0.150 mg/m^3 , mais si un patient du groupe de faible gravité reste dans cette chambre plus de 8 h, la limite de la zone de sécurité passera à 0.020 mg/m^3 (voir Figure 42). Ce processus a été accompli avec l'aide de spécialistes en pneumologie.

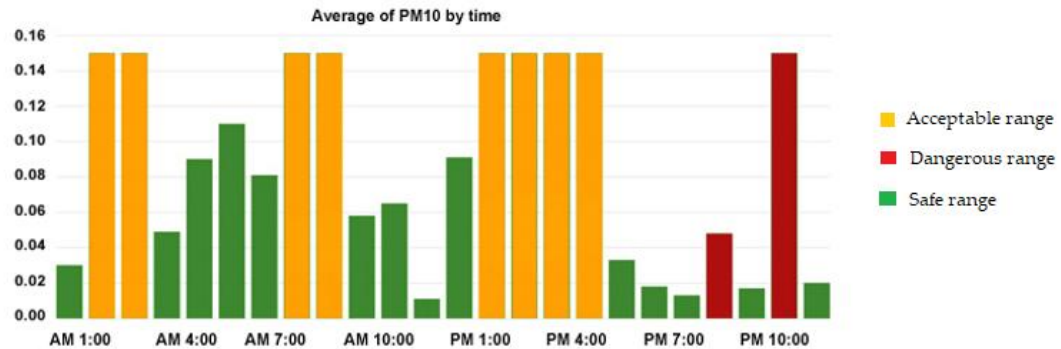


Figure: 42 Les niveaux de sécurité de PM10 au fil du temps.

Ces informations visent à créer un environnement sûr pour les patients atteints de MPOC en convertissant ce schéma contextuel en base de règles SWRL. Ces règles se concentrent sur l'évaluation des fonctions du corps, des informations sur l'environnement, le calcul du profil de gravité et la génération des bonnes décisions.

5.5. Ensemble de Données

La collecte de types de données aussi différents à partir de capteurs réels est soumise à certaines limitations pratiques telles que l'approbation éthique, les coûts financiers et le temps de déploiement. Les chercheurs suggèrent donc une méthode expérimentale alternative utilisant la simulation intelligente. Sur la base de cette solution, chaque projet peut prouver son efficacité opérationnelle avant de passer aux étapes ultérieures de la mise en œuvre. Dans ce contexte, de nombreux scénarios de simulation doivent être réalisés pour prouver la faisabilité de l'approche proposée. Ces essais consistent notamment à placer les patients MPOC dans différentes conditions environnementales et à participer à de multiples activités de la vie quotidienne. La santé humaine est un sujet très sensible et doit être traitée avec une grande

précision; cela signifie que tous les scénarios créés doivent fournir une représentation proche des expériences de la vie quotidienne dans un environnement réaliste en termes de la météo, de pollution et d'autres facteurs environnants. Le deuxième point que nous devons prendre en compte lorsque nous générons des données est l'échelle de temps de la surveillance, où des scénarios à long terme permettent d'évaluer la dynamique et les paradigmes informatiques du système. La troisième exigence dans ce contexte opérationnel est de prendre en compte les situations anormales ou les événements irréguliers pouvant survenir lors de la surveillance des patients atteints de MPOC. Pour créer des scénarios réalistes et efficaces, il est nécessaire de réaliser une simulation sur une longue période impliquant les activités attendues des patients et les conditions environnementales ayant une influence sur la santé des personnes souffrant de MPOC. Il existe trois sources de données de base pour construire de tels scénarios: (1) les informations médicales (2) les activités de la vie quotidienne et (3) les conditions environnementales, comme le montre la Figure 43.

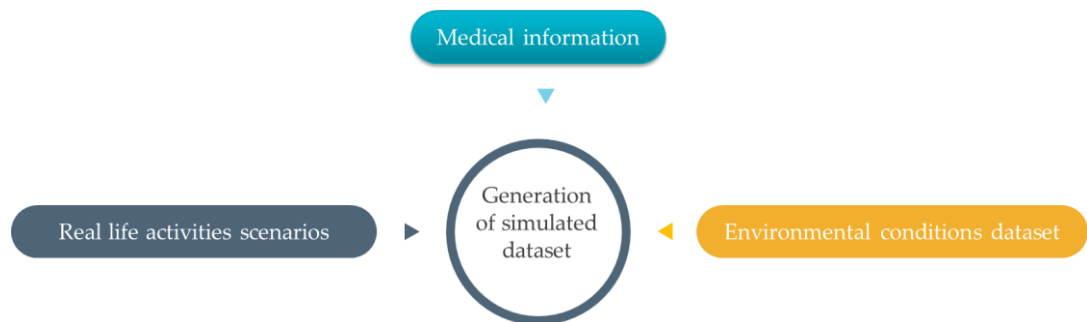


Figure: 43 Ensemble de données.

5.5.1. Activités de la vie réelle

Les études publiées sur la simulation des activités sont relativement nombreuses; par exemple, Elbayoudi et al. [76] a simulé le comportement humain dans un espace domestique intelligent. Limousine et al. [77] ont proposé une approche grammaticale pour faciliter la représentation de scénarios complexes d'activités humaines intérieures et considérer les activités anormales à l'aide d'un modèle de Markov caché hiérarchique. Dans un travail

similaire, Aritoni et al. [78] a présenté un modèle génératif capable de définir la grande majorité des événements de la vie quotidienne pouvant présenter un intérêt pour un système de surveillance en temps réel. Mshali et al. [79] a utilisé une nouvelle stratégie pour générer des scénarios réalistes à long terme. L'approche suggérée prend en compte le profil de la personne, les activités et les relations logiques entre ces activités.

Malheureusement, les ensembles de données accessibles au public qui simulent les activités des patients ne tenaient pas compte des scénarios extérieurs tels que conduire, marcher à l'extérieur, courir, etc. Ils impliquent seulement un sous-ensemble des actions d'intérieur les plus courantes. Sur la base de ces résultats, nous avons tenté d'étendre les scénarios d'intérieur existants proposés par Mshali [79] en utilisant la même approche construite sur des modèles Markoviens. De nombreux autres scénarios ont été construits sur des modèles Markoviens; nous avons créé de nouvelles séquences d'activités attendues, notamment des actions en extérieur pouvant être réalisées par des patients atteints de MPOC. Ces scénarios ont pris en compte les niveaux de sévérité et d'incapacité, tel que prévu dans la classification internationale du fonctionnement (CIF). Il s'agit d'une classification du domaine de la santé et de ses principaux aspects connexes; il est prévu à décrire comment les patients vivent avec leur maladie physique ou mentale [80,81]. Selon le modèle CIF, la MPOC peut influencer sur la participation des patients à la vie pratique ou aux activités de la vie quotidienne, en fonction de leur état de santé. Figure 10 montre le modèle CIF, qui pourrait être adapté pour chaque patient MPOC. Tel que représenté in Figure 44, le cadre CIF présente le fonctionnement et l'incapacité d'un patient souffrant de MPOC sous forme d'interactions mutualistes entre cinq entités différentes: fonctions et structures du corps, activités, participation, facteurs environnementaux et personnels.

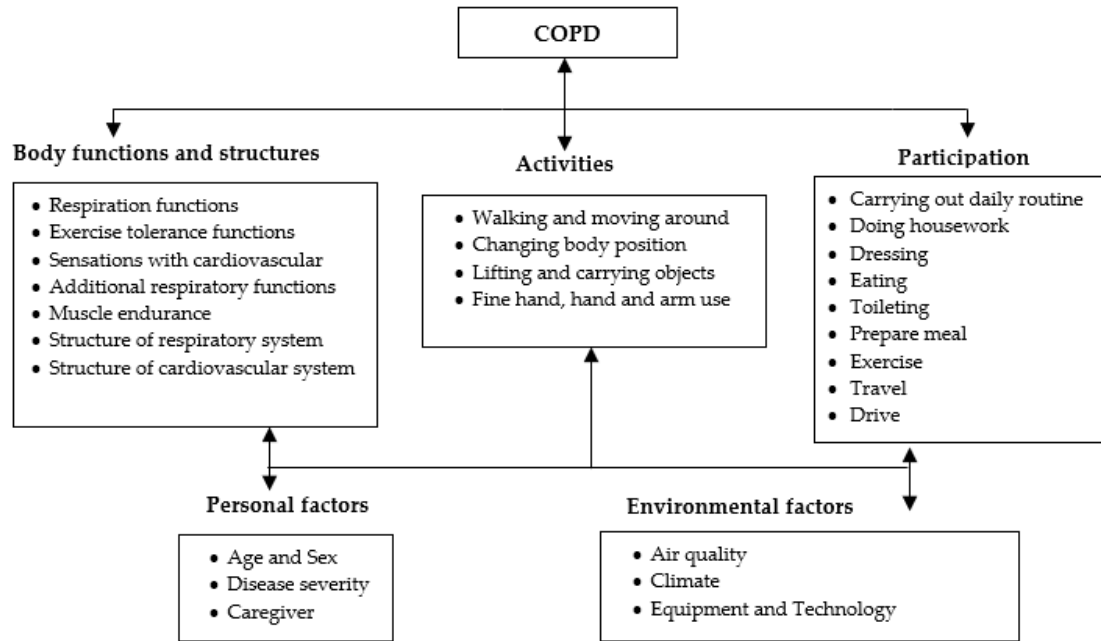


Figure: 44 Modèle CIF.

Sur la base de ce cadre, Bui [82] a examiné la capacité physique de diverses structures et fonctions du corps de patients MPOC, tandis qu'Alda [83] a étudié le lien entre les activités et les composantes de la participation et les degrés de limitation du débit respiratoire des patients. Dans le même contexte, Marilyn [84] a montré les types d'activités physiques pratiquées par les patients atteints de MPOC. Tous ces faits ont été combinés dans un algorithme pour extraire une série d'activités quotidiennes en accord avec le profil médical et personnel du patient en termes de caractéristiques démographiques et de capacités physiques.

Les activités de la vie quotidienne des patients atteints de MPOC ont été divisées en six séquences successives associées à six périodes allant du lever au coucher du soleil. Chacune de ces séquences consiste en un ensemble d'activités coordonnées, avec une durée aléatoire créée à l'aide de matrices de probabilités de transition. La matrice a été remplie de manière systématique et délibérée, où des valeurs de probabilité élevée ont été données pour tous les événements possibles pouvant se produire pendant une période de la journée

spécifiée, telle que le fait de se rendre au travail entre 8:00 a.m. et 9:00 a.m. ou déjeuner entre 2:00 p.m. et 4:00 p.m. L'ensemble de données généré comprend la plupart des activités principales et leurs actions associées, qui sont déduites en fonction de la capacité du patient à effectuer des activités de la vie quotidienne avec ou sans l'aide des autres.

Dans ce projet, 18 activités typiques, décrivant les comportements des patients atteints de MPOC dans la vie publique, ont été considérées. Certaines des activités intérieures ont été extraites de la liste proposée dans [85], tandis qu'une plage d'activités a été ajoutée en fonction des besoins du patient en dehors du domicile. Les activités sélectionnées sont les suivantes: manger, s'habiller, conduire, marcher, faire du jogging, courir, voyager, se laver, faire la toilette, faire le ménage, laver, cuisiner, téléphoner, prendre des médicaments, regarder la télévision, lire et dormir. La Figure 45 fournit une interprétation graphique des probabilités de transitions suivies pour générer une séquence d'activités aléatoires dans l'intervalle de temps donné, entre 4:00 et 6:00 p.m. De plus, pour plus de précision dans la génération des scénarios réalistes, Mshali [79] a ajouté des contraintes supplémentaires qui limitaient la fréquence [f_{min} , f_{max}] de chaque activité et la durée totale [D_{min} , D_{max}] de la séquence; pour plus de détails, voir [85]. En plus des restrictions précédentes, le processus de création des données doit prendre en compte les types d'activités que le patient souffrant de MPOC peut réaliser, comme indiqué dans le cadre TCI. En d'autres termes, adhérer à une représentation réaliste nécessite le respect des contraintes du profil de capacité physique des patients de tout âge et de tout stade.

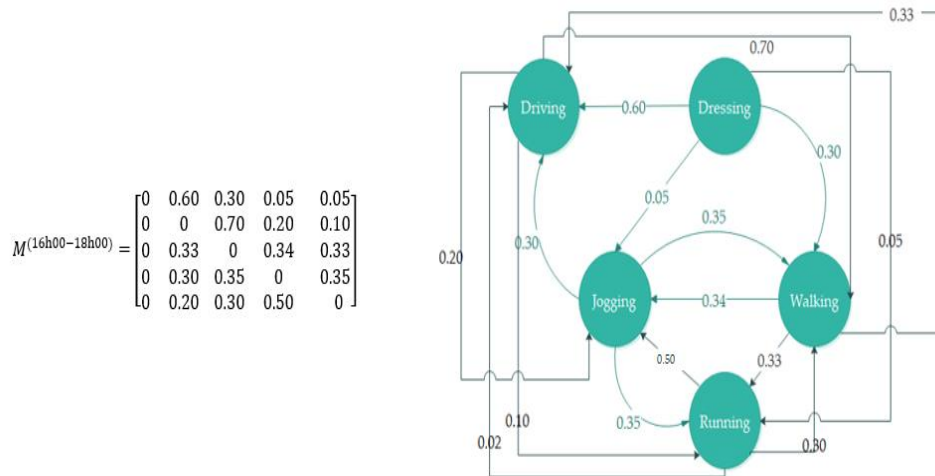


Figure: 45 La matrice de probabilités de transition

Un petit échantillon des données est présenté dans le Tableau 18.

Tableau 17 : Ensemble de données: exemples d'activités

Date	Heure de début	Heure de fin	Activité
Jour 1	12:00	12:14	Sitting
Jour 1	12:15	12:30	Walking
Jour 1	12:31	12:34	Standing
Jour 1	12:35	13:15	Driving
Jour 1	13:16	13:40	Sitting
.....
Jour 2	08:00	08:20	Running
Jour 2	08:21	08:30	Walking

5.5.2. Conditions environnementales

L'assemblage de données environnementales était plus facile, car nous avons trouvé de nombreuses sources libres décrivant les conditions environnementales d'espaces intérieurs et extérieurs sur de longs intervalles. L'un des ensembles de données de plein air les plus intéressants pour l'information environnementale a été publié par le ministère de l'Environnement et de la Stratégie pour le changement climatique en Colombie-Britannique, Canada [86]. Ces ensembles de données contiennent des lectures continues d'indices météorologiques et de polluants provenant des stations de surveillance de la qualité de l'air de la province de 1980 à la fin de 2017.

L'environnement canadien est soumis à des conditions climatiques extrêmes, notamment des conditions météorologiques inhabituelles et imprévisibles. L'ensemble de données publié contient des séries chronologiques météorologiques comprenant la température en degrés Celsius, l'humidité relative en pourcentage, la vitesse du vent en mètres par seconde, la direction du vent en degrés depuis le nord/azimut, les précipitations en millimètres et la pression barométrique en kilopascals.

En plus des données météorologiques, les stations de surveillance en Colombie-Britannique ont enregistré l'indice de qualité de l'air, le niveau de monoxyde de carbone en partie par million, le sulfure d'hydrogène et le soufre réduit total en ppb, l'oxyde nitrique en partie par milliard, le dioxyde d'azote en ppb, dioxyde de soufre (SO₂) en ppb, ozone au sol en ppb, particules de 2,5 µm de diamètre ou moins en microgrammes par mètre cube (µg/m³) et particules de 10 µm de diamètre ou moins en µg/m³. L'ensemble de données relatif aux éléments environnementaux suit la forme date, l'heure, la longitude, la latitude, l'altitude, la température, l'humidité, la vitesse du vent, la direction du vent, les précipitations, la pression barométrique, le monoxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène, le soufre, l'oxyde nitrique, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, ozone, PM 2,5 et PM 10. Quelques données sont fournies dans le Tableau 19; Tableau 20.

Tableau 18 : Exemples tirés du jeu de données décrivant l'environnement extérieur

Date	Time	Humidité	Température	WD V	WD UV	WSP VE	WSPD SC	Précipitation	Pression
Jour 1	12 :00	83.5	-14.56	134.2	113.2	0.153	0.381	0.3	102.069
Jour 1	12 :01	83.9	-14.56	214.5	211.2	0.467	0.791	0.3	102.041
Jour 1	12 :02	82.8	-14.56	6.775	8.09	0.442	0.587	0.3	101.928
Jour 1	12 :03	80.1	-14.56	149.1	162.5	0.363	0.536	0.3	101.812
Jour 1	12 :04	80.6	-14.56	158	142.8	0.633	0.91	0.3	101.808
Jour 1	12 :05	83.8	-14.56	119.7	115.5	0.653	0.762	0.3	101.842
Jour 1	12 :06	88.1	-14.56	106.9	105	0.991	1.037	1.2	101.84
Jour 1	12 :07	89.7	-14.56	127.5	127.5	0.903	0.959	1.2	101.759
Jour 1	12 :08	88.4	-14.56	120.7	114.2	0.768	0.865	1.2	101.833
....
Jour 2	1 :01	73.9	-14.56	125.3	124.6	0.555	0.595	0	101.806
Jour 2	1 :02	78	-14.56	112.8	112	0.929	1.008	0	101.806

Tableau 19 : Exemples tirés du jeu de données décrivant l'environnement extérieur

Date	Temps	AQHI	CO	H2S	NO ₂	NO _x	O ₃	PM10	PM2.5	SO ₂	TRS
Jour	12 :00	2.02	0.145315	0.24452	2.848887	3.9425	32.393	23.61	0	0.2	2.1
Jour	12 :01	2.16	0.140258	0.47763	1.397222	2.18083	34.953	17.4	0	0.1469	0.2
Jour	12 :02	2.24	0.140848	0.1424	0.7675	1.170415	35.640	15.15	0	0.1283	0.2
Jour	12 :03	2.27	0.145591	0.10238	1.249305	1.68387	35.233	19.2	0	0.1	0.2
Jour	12 :04	2.26	0.147459	0.10465	1.589721	1.93777	34.836	30.5	3	0.1008	0.2
Jour	12 :05	2.27	0.153385	0.12705	1.819721	2.39319	34.301	36.03	3	0.1057	0.2

Jour	12 :06	2.32	0.139437	0.19324	1.494027	1.826805	34.689	26.33	5	0.1015	0.2
Jour	12 :07	2.45	0.137271	0.28494	0.60736	0.821666	35.934	29.55	2	0.1	0.3
Jour	12 :08	2.59	0.122216	0.33706	0.415555	0.6723	36.363	35.34	2	0.1	0.4
....
Jour	1 :01	2.78	0.119727	0.21297	0.334443	0.4740	35.956	38.83	0	0.1	0.4
Jour	1 :02	2.92	0.116305	0.22772	0.430415	0.711804	36.267	33.28	3	0.053	0.6

La simulation de l'environnement interne est également importante lorsque le patient passe le plus clair de son temps à la maison. Les données intérieures sont suivies via la société de surveillance environnementale GAMS, Shanghai [87]. L'ensemble de données sur la qualité de l'air intérieur contient la température, l'humidité, le dioxyde de carbone (CO₂), les composés organiques volatils (COV), les particules d'un diamètre de 2,5 µm (PM_{2,5}) et les particules d'un diamètre de 10 µm (PM₁₀). La structure de l'ensemble de données sur l'environnement intérieur comprend la date, l'heure, la température intérieure, l'humidité ambiante, le CO₂, les COV, les PM 2,5 et les PM₁₀ (voir le Tableau 21).

Tableau 20 : Exemples de données décrivant les conditions environnementales à la maison

Date	Temps	Température intérieure (°C)	Humidité intérieure (%)	CO ₂	VOC	PM _{2.5}	PM ₁₀
Jour 1	12 :00	20.83	72.09	708	0.062	9	10.2
Jour 1	12 :01	21.01	70.95	694	0.062	10.1	10.9
Jour 1	12 :02	21.20	69.12	693	0.062	9.9	10.2
Jour 1	12 :03	21.37	68.83	692	0.062	9.6	9.6
Jour 1	12 :04	21.49	68.6	690	0.062	8.4	9.4
Jour 1	12 :05	21.66	68.31	690	0.062	6.8	6.8
Jour 1	12 :06	21.79	68.11	690	0.062	6.9	6.9
Jour 1	12 :08	22.90	67.79	691	0.062	7.3	8.1
....
....
Jour 2	15 :01	23.24	66.98	695	0.062	6.5	7.2
Jour 2	15 :02	23.36	66.63	695	0.062	7.2	7.6

5.5.3. Profil médical

Les profils médicaux sont essentiels pour assurer le processus de validation. Dans ce contexte, nous avons rassemblé des milliers de dossiers médicaux électroniques, de données sur les admissions à l'hôpital et de mesures des résultats d'études cliniques issues de différentes sources médicales (clinique MIR [32] et Hôpital Al-Sahel [31]). Comme nous pouvons le voir dans le tableau 22, ces ensembles de données contiennent des informations spécifiques sur l'âge, le sexe, le poids, la taille, l'IMC, le tabagisme, les comorbidités, les

médicaments, l'échelle de dyspnée du CRMm, le stade de la MPOC, les signes vitaux normaux de base tels que la température corporelle, pression artérielle diastolique, pression artérielle systolique, fréquence cardiaque, oxygène sous pression partielle (PaO_2), saturation en oxygène (SpO_2), dioxyde de carbone sous pression partielle (PaCO_2), consommation d'oxygène (VO_2), fréquence respiratoire, pH, HCO_3 et test de spirométrie comprend les valeurs FEV1, VC, FVC, FEV1/VC, FEV1/FVC, PEF, PEF2575, ELA, FET, FEF25%, FEF50%, FEF75%, EVol, MVVcalc, FIVC, FIV1 FIV1/FIVC et PEF. Ces ensembles de données contiennent un test de cycle incrémental (TCI) et un test de marche de six minutes (6MWT), qui nous donneraient une compréhension claire des limites supérieures et inférieures des paramètres physiologiques des patients lors d'activités sédentaires, légères, modérées et vigoureuses.

Tableau 21 : Un exemple de dossier médical

ID	Sexe	Âge	Taille	Poids	IMC	Fumeur	Comorbidités	Médicaments
##	Homme	77	184	99	29.33	Oui	Anémie	Bronchodilatateur à action brève prn

Dyspnée (mMRC)	Stade	FVC (L)	FEV1	FEV1/FVC	FEV1/SVC	FEF 25-75%	FEF50%	PEF	FET100%
mMRC2	2	2.33	1.01	43	40	0.40	0.46	3.86	9.61

FET100%	FIF50%	FEF/FIF50	TLC	VC	IC	FRC PL	ERV	RV	RV/TLC	DLCO
9.61	2.14	0.22	5.99	2.55	1.87	4.12	0.62	3.43	57	16.4

Fréquence cardiaque (FR) au repos	Fréquence Réserve	FR maximale	FR (exercice léger)	FR (exercice modéré)	FR (exercice vigoureux)
60 b/min	93 b/min	153 b/min	60-97 b/min	98-120 b/min	121-130 b/min

Température (T) au repos	T (exercice léger)	T (exercice modéré)	T (exercice vigoureux)
36.39 C	36.95 C	37.26 C	37.79 C

SpO2 au repos	SpO2 (exercice léger)	SpO2 (exercice modéré)	SpO2 (exercice vigoureux)
96.01%	95.21-96.01%	93.10-95%	91.30-92.6%

PaO2	PaO2 (exercice léger)	PaO2 (exercice modéré)	PaO2 (exercice vigoureux)
78 mmHg	75-82 mmHg	83-88 mmHg	89-95 mmHg

PaCO2 au repos	PaCO2 (exercice léger)	PaCO2 (exercice modéré)	PaCO2 (exercice vigoureux)
39 mmHg	38-41 mmHg	34-39 mmHg	32-39 mmHg

DBP au repos	DBP (exercice léger)	DBP (exercice modéré)	DBP (exercice vigoureux)
75.9 mmHg	75-78 mmHg	79-82 mmHg	83-90 mmHg

SBP au repos	SBP (exercice léger)	SBP (exercice modéré)	SBP (exercice vigoureux)
120 mmHg	121-140 mmHg	141-145 mmHg	146-155 mmHg

Fréquence respiratoire (FR)		FR (exercice léger)	FR (exercice modéré)	FR (exercice vigoureux)
14 R/min		14-19 R/min	20-30 R/min	31-50 R/min

VO2 au repos	VO2 Reserve	VO2 Max	VO2 (exercice léger)	VO2 (exercice modéré)	VO2 (exercice vigoureux)
2.53	14.129	16.59	2.5-6.34 ml/kg/min	6.4-9.36 ml/kg/min	9.5-11.79 ml/kg/min

5.6. Implémentation

Comme indiqué dans la section précédente, les ensembles de données expérimentales disponibles consistent en des valeurs collectées à différentes unités d'observation. Nous avons donc synchronisé l'échelle de temps entre ces données sans affecter la précision et avons cartographié la représentation simulée de l'activité réelle avec les signes vitaux correspondants, conformément au dossier médical. Par conséquent, le nouvel ensemble de données comprend trois observations entièrement connectées, les activités générées à l'aide de MATLAB, les conditions environnementales capturées par des capteurs réels et les biomarqueurs obtenus de sources médicales. Les scénarios simulés consistent à créer des enregistrements séquentiels sur une période de 12 mois pour des patients atteints de MPOC présentant différents niveaux de gravité et d'autonomie de la maladie. Chaque enregistrement est une description des activités effectuées, des facteurs environnementaux et des signes vitaux à un moment donné. L'objectif de ce processus était de créer un ensemble de données des paramètres de la MPOC associés à la variation de l'activité corporelle et des facteurs environnants. Les bases de données obtenues comprennent un total de 104 paramètres, ce qui offre des avantages distincts par rapport aux études précédentes, même si leur précision est inconnue. Par exemple, cet ensemble de données utilise le meilleur ensemble de données disponibles sur les caractéristiques environnementales pour les conditions météorologiques et les polluants extérieurs au Canada; il utilise également des observations réelles provenant d'un projet de recherche crédible. Les séquences d'activités de la vie quotidienne ont été générées à l'aide de modèles de Markov et d'algorithmes de logique probabiliste, tandis que le profil médical a été établi par des sources médicales fiables. Pour

prouver les avantages de ce travail, nous avons effectué de nombreuses simulations expérimentales pour l'ensemble du scénario des réactions biologiques aux activités physiques et des influences externes sur une période de 12 mois chez 100 patients virtuels. Premièrement, nous avons examiné les scénarios de patients atteints de MPOC ayant le même niveau de dépendance, mais à différents stades de la maladie. Deuxièmement, nous avons simulé la MPOC chez des patients âgés qui ont perdu une partie de leur capacité physique en excluant certains types d'activités autonomes liées aux tâches de la vie quotidienne. Troisièmement, pour des raisons de précision, nous avons créé nos simulations afin de comparer l'efficacité de ce système en hiver, au printemps, en été et en automne. Nous avons évalué les performances du système proposé pour l'identification de situations anormales ou de schémas pouvant présenter des risques graves pour la santé des patients atteints de MPOC. Cette évaluation consiste à quantifier le niveau de calcul ou de conformité avec le temps attendu et les capacités du référentiel de règles. Les besoins des patients atteints de MPOC évoluent en fonction de leur profil médical et du type de risque. Les services d'adaptation avec ces changements sont un point essentiel à tester dans un système de santé aussi distant. Il est donc primordial de réagir rapidement et avec précision à une baisse soudaine des paramètres vitaux et de l'état de santé général. En utilisant une quantité spécifique de données, le système catégorise les conditions surveillées comme normales ou anormales. Dans la section suivante, nous décrivons brièvement les étapes de mise en œuvre de ce projet en utilisant Protégé développé par le Centre de recherche en informatique biomédicale de Stanford à la Faculté de médecine de l'Université de Stanford.

La mise en œuvre initiale présentée à la Figure 46 s'effectue de la manière suivante:

- (1) les données simulées, stockées dans des fichiers de feuille de calcul Excel, seront téléchargées directement dans la base de connaissances COPDology à l'aide du plug-in Cellfie.
- (2) Le moteur de requête SPARQL accède à la base de connaissances pour extraire des informations du profil du patient concernant l'emplacement et l'activité actuels, etc.
- (3) Le motif de la règle SWRL ajoute des informations supplémentaires telles que des plages

normales et un environnement approprié à la base de connaissances. De plus, le motif de la règle SWRL effectue un raisonnement sur la base de connaissances mise à jour du domaine de la MPOC et les faits nouvellement déduits sont ajoutés à la base de connaissances. (4) Le moteur de recherche SPARQL accède à la base de connaissances pour récupérer les notifications et les recommandations en fonction du contexte du patient.

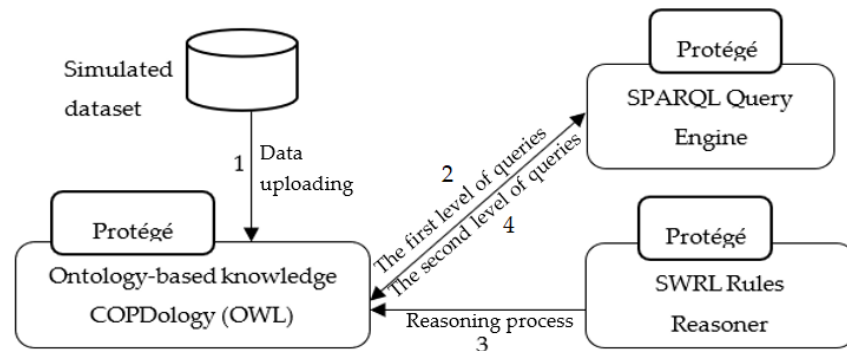


Figure: 46 Flux dans le système mis en œuvre

Nous avons construit huit ontologies pour surveiller les patients atteints de MPOC et représenter une base de connaissances compréhensible par machine. Comme le montre la Figure 47, les ontologies développées sont constituées de concepts liés au profil personnel et médical, aux examens physiques, aux tests de laboratoire, à l'emplacement, à l'activité, à l'environnement, au temps, aux recommandations et aux maladies.

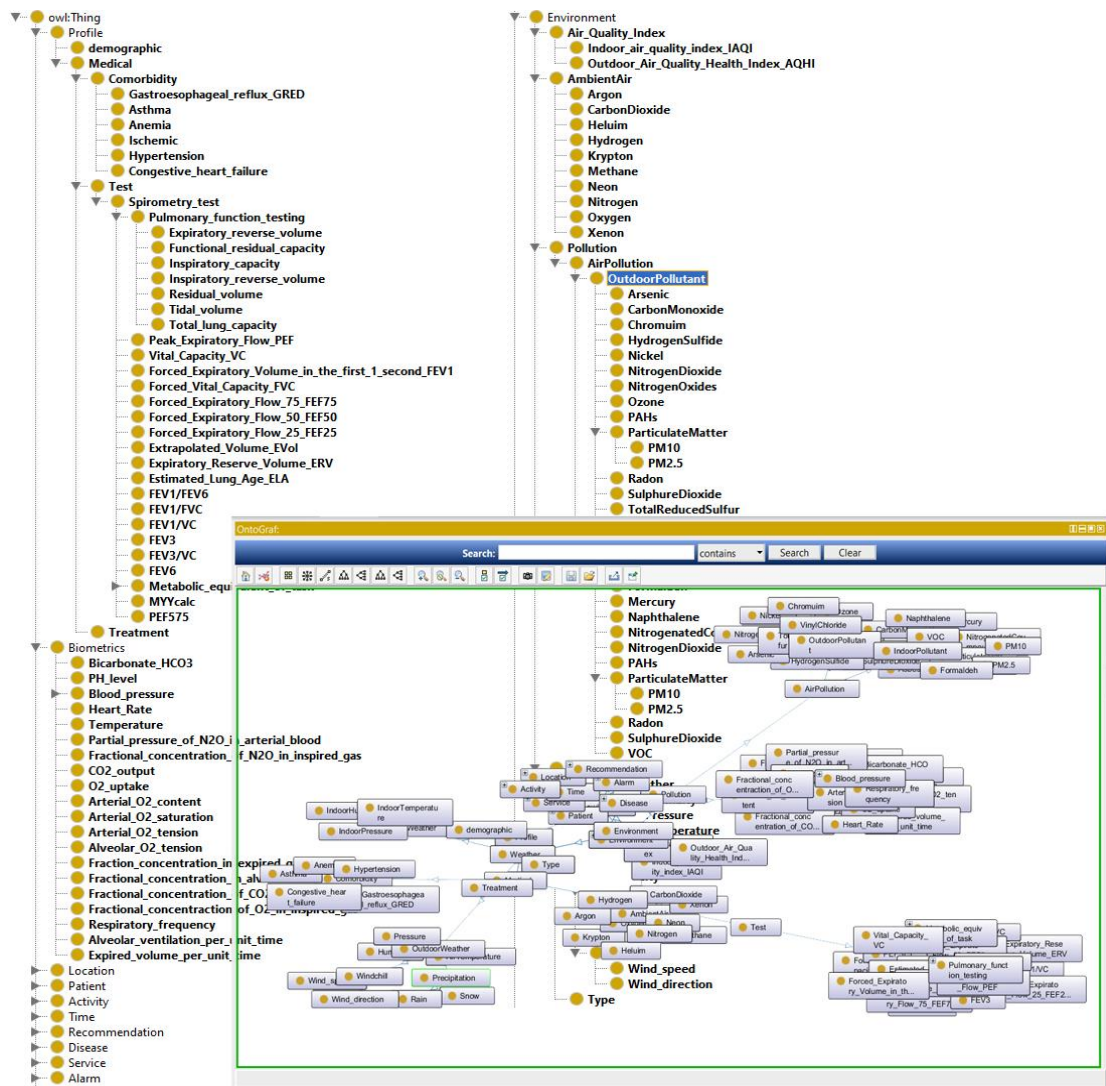


Figure: 47 Portion de l'ontologie proposée

Dans OWL, les propriétés sont utilisées pour décrire les relations entre individus (instances) ou pour attribuer un type de données XML (tel que chaîne, entier, etc.) à des individus. Il existe deux types principaux de propriétés, les propriétés d'objet qui associent des individus de deux classes et les propriétés de type de données utilisées pour enregistrer des valeurs de données réelles pour les individus de classes dans un format de données spécifique. Le type de données et les propriétés de l'objet jouent un rôle fondamental dans l'ontologie. Notre MPOCologie se compose de centaines de propriétés d'objet et de données.

Ces propriétés permettent de définir le profil du patient (par exemple, hasAge, hasBMI, hasGender), de reconnaître l'emplacement et l'activité (par exemple, LocatedAt, EngagedIn), de caractériser l'environnement (par exemple, hasIndoorTemperature, hasOutdoorPressure) ou de déclencher des alarmes suggestions (par exemple, hasAlarm, hasSuggestion). La Figure 48 montre un exemple des propriétés définies dans notre ontologie.

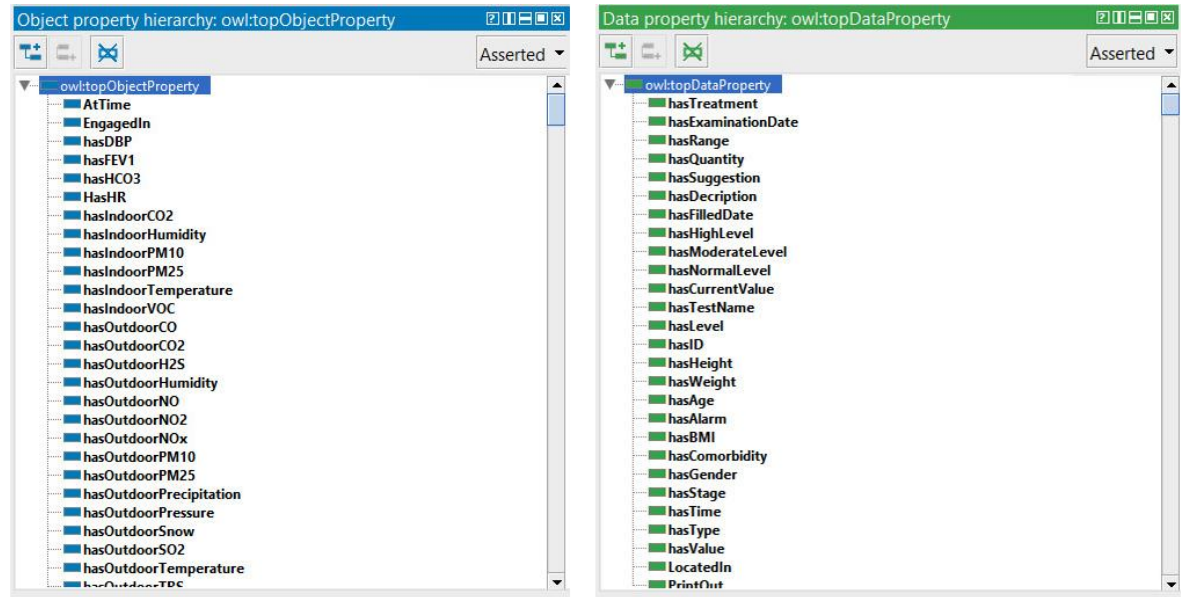


Figure: 48 Partie du type de données et propriété de l'objet.

Les instances ont été instanciées automatiquement dans Protégé à partir de l'ensemble de données rassemblé. Comme mentionné précédemment, les données simulent les conditions du patient et les caractéristiques de l'environnement. Ces personnes peuvent fournir une liste de dossiers médicaux, de profils, de signes physiologiques, de seuils de sécurité, de risques potentiels, de recommandations et d'explications à l'utilisateur lors de l'utilisation du système. La Figure 49 montre un exemple d'instances créées dans l'ontologie. Cet exemple, de gauche à droite, illustre les symptômes, les questions répondues, les alarmes, les suggestions, l'identificateur du patient et le traitement.

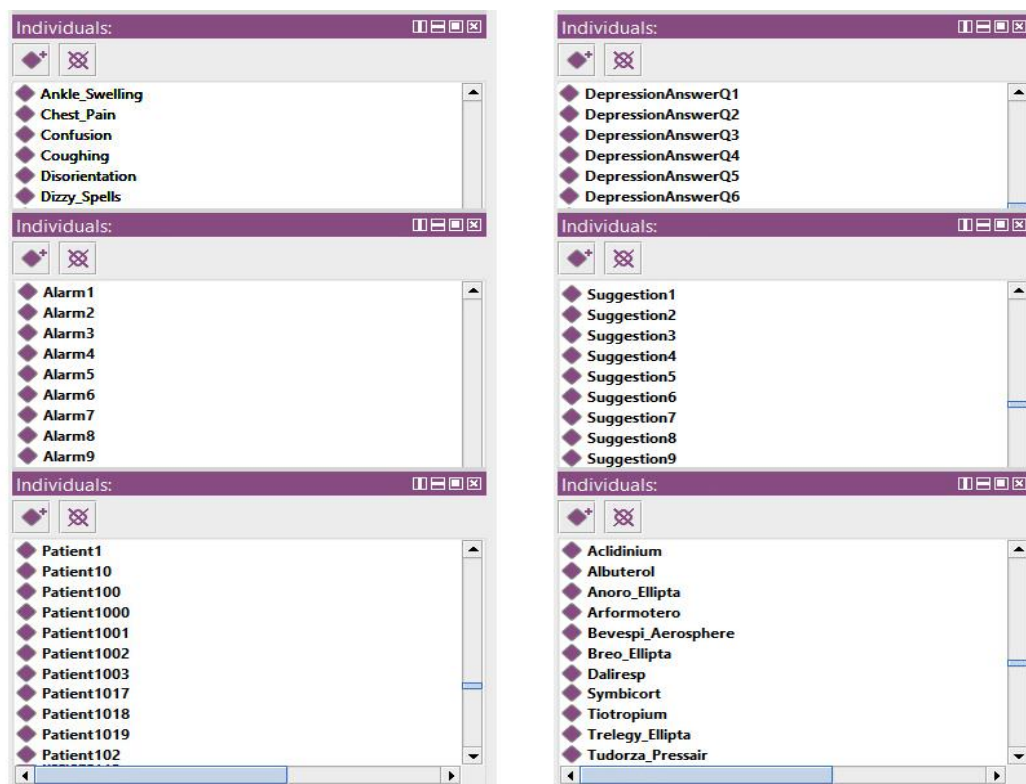


Figure: 49 Exemples d'instances dans l'ontologie

Des milliers de règles SWRL ont été utilisées pour gérer le statut de près de 600 profils médicaux de MPOC dans diverses circonstances. Les profils de patients chroniques et multi chroniques ont été configurés à l'aide des règles proposées. Ces profils configurés pourraient être utilisés pour surveiller les conditions de sécurité des patients. Sur la base des informations médicales contenues dans les lignes directrices et d'autres informations fournies par les médecins, nous avons créé 20328 règles à l'aide de l'enchaînement prospectif de l'inférence. Ces règles utilisent des concepts/axiomes définis dans notre COPDology. Les règles sont définies pour atteindre différents objectifs, tels que (i) la vérification du profil des patients; (ii) détecter l'emplacement; (iii) évaluer le statut du patient et les conditions environnementales; et (iv) fournir le service correspondant aux patients. Pour plus de détails, référez-vous à la section sur le raisonnement de nos travaux précédents [7]. La Figure 50 montre la liste des règles SWRL que nous avons créées dans l'onglet SWRL pour surveiller le patient.

Figure: 50 Règles de SWRL

170

arithmétiques (ABS, AVG, division, multiplication, cell, floor, count, min, max, round, and sum) ont été utilisées pour compenser les limitations de OWL. Le but de ces requêtes est de récupérer toute information relative à une instance identifiée, telle qu'un signe, un symptôme, un traitement, une alarme, une recommandation, une décision, etc. Dans cette section, nous allons présenter quelques requêtes qui pourraient être utilisées pour afficher des informations importantes et illustrer la mise en œuvre des fonctions principales.

Requête 1: Comment afficher le patient, son âge, son sexe, son stade, son emplacement, son activité, ses signes vitaux, son alarme et son heure

Dans la requête présentée à la Figure 51, nous affichons l'identifiant de tous les patients et les informations correspondantes. Nous utilisons le modèle triple de Patient hasAge Âge, Patient hasGender Gender et Patient hasStage GoldStage. Nous utilisons la requête SELECT pour obtenir les informations sur l'identifiant du patient, son âge, son sexe et son stade. De la même manière, nous avons utilisé le modèle triple de Patient LocatedIn Location, Patient hasAlarm Alarm, Patient EngagedIn ActivityLabel, Patient hasVitalSign VitalSign, HasValue Value, VitalSign hasTime Date, et Date hasTime Time. Nous utilisons la requête SELECT pour obtenir les informations de lieu, activité, vital, signes, valeur, alarme et heure.

SPARQL query:
PREFIX A: <http://www.semanticweb.org/COPDology#>

SELECT ?Patient ?Age ?Gender ?GoldStage
WHERE { ?Patient A:hasAge ?Age. ?Patient A:hasGender ?Gender. ?Patient A:hasStage ?GoldStage. }

Patient
Patient4
Patient1
Patient10
Patient3
Patient2
Patient5
Patient6
Patient7
Patient8
Patient9

SPARQL query:
PREFIX A: <http://www.semanticweb.org/COPDology#>

SELECT ?Patient ?Location ?ActivityLabel ?VitalSign ?Value ?Alarm ?Time
WHERE { ?Patient A:locatedIn ?Location. ?Patient A:hasAlarm ?Alarm. ?Patient A:engagedIn ?ActivityLabel.
?Patient A:hasVitalSign ?VitalSign. ?VitalSign A:hasValue ?Value. ?VitalSign A:hasTime ?Date. ?Date A:hasTime ?Time }

Patient	Location	ActivityLabel	VitalSign	Value	Alarm	Time
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	DBP1	"84.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 1"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	FEV1	"1.4"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 0"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	HCO3_Level	"16.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 1"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	HeartRate1	"116.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 1"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	PaCO2	"42.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 2"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	PaO2	"89.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 1"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	PH_Level	"6.8"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 0"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	RR1	"28.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 2"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	SBP1	"146.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 2"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"
Patient1	"Outdoor"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Activity1	SpO2	"92.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>	"Alarm Level 0"	"20 Feb 2019 12:01:00 AM"

Execute

Figure: 51 Requête 1 et résultat

Requête 2: Afficher les suggestions de tous les niveaux calculés d'IAI

Sur la base de l'indice de qualité de l'air intérieur, nous pourrions demander les suggestions de tous les niveaux de IQAI. Cette requête pourrait montrer un aspect du système dans la surveillance des conditions environnementales. La Figure 52 présente les niveaux calculés d'IAI et leurs suggestions correspondantes.

SPARQL query:

```
PREFIX A: <http://www.semanticweb.org/COPDology#>

SELECT ?IAQI ?CalculatedLevel ?Suggestion ?Description
SELECT ?FilledTILTable ?TotalScore ?Suggestion ?description
WHERE{(SELECT ?IAQI (SUM(?value) AS ?CalculatedLevel)
WHERE { ?IAQI AhasSensedValue ?SensedValue ?SensedValue
AhasChosen ?Categories ?Categories Ahasvalue ?value. } Group By ?IAQI)
(SELECT ?Score ?Description WHERE{ ?IAQI AhasTotalValue ?Score. ?CalculatedLevel Ahasdescription ?description.}} FILTER (?Score = ?CalculatedLevel )
(SELECT ?IAQI ?Suggestion WHERE{ ?IAQI AhasSensedValue ?SensedValue1. ?SensedValue1 AhasLevel AhasSuggestion. ?SensedValue1
AhasChosen ?SelectedCategory1. ?SelectedCategory1 Ahasvalue ?value1. ?IAQI AhasSensedValue ?SensedValue2. ?SensedValue2
AhasLevel AhasSuggestion. ?SensedValue2 AhasChosen ?SelectedCategory2. ?SelectedCategory2 Ahasvalue ?value2.

```

IAQI	CalculatedLevel	Suggestion	Description
IAQI3	Level3	Suggestion3	"A level which may have a harmful impact on patient"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
IAQI2	Level2	Suggestion2	"The patient could have health effects for long-term exposure"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
IAQI5	Level5	Suggestion5	"The patient has a health warning of emergency conditions"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
IAQI4	Level4	Suggestion4	"The patient has more serious health effects for short-term exposure"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
IAQI6	Level6	Suggestion6	"A level which may need to take emergency measures for patients"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
IAQI1	Level1	Suggestion1	"No risk"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Figure: 52 Requête 2 et résultat.

Requête 3: Afficher les échelles de risque

Dans cette requête, nous affichons l'évaluation médicale du patient à un moment donné en fonction du score de risque de la MPOC d'Ottawa. Toute valeur comprise entre 3 et 9 pourrait refléter une situation dangereuse pour un patient. Dans cette requête, nous obtenons le risque d'exacerbation après le calcul du nombre total de scores de signes et de symptômes. Sur la base des niveaux groupés et du score total calculé, nous utilisons une sous-requête pour interroger l'échelle de risque des scores totaux interrogés (voir la Figure 53).

SPARQL query:

```
PREFIX A: <http://www.semanticweb.org/COPDology#>

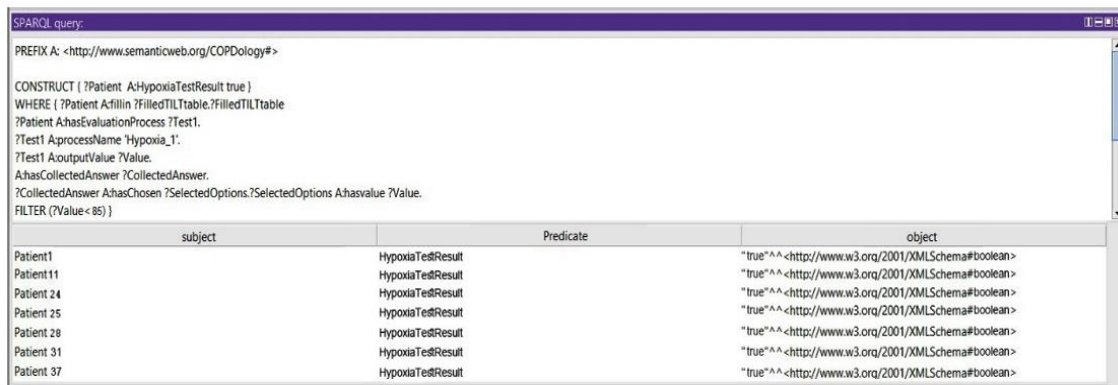
SELECT ?Patient ?RiskScale (SUM(?Value) AS ?TotalScore)
WHERE { ?RiskScale
AhasCollectedValue ?CollectedAnswer ?CollectedAnswer
AhasChosen ?SelectedOptions ?SelectedOptions Ahasvalue ?Value }
GROUP BY ?RiskScale
HAVING (?TotalScore > 3)
```

Patient	RiskScale	TotalScore
Patient1	riskscale1	"4.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient2	riskscale 4	"8.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient3	riskscale 2	"6.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient4	riskscale1	"4.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient5	riskscale 3	"7.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient6	riskscale1	"4.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>
Patient7	riskscale 2	"5.0"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float>

Figure: 53 Requête 3 et résultat.

Requête 4: Montrer le risque d'hypoxie lors d'une exposition en haute altitude

Dans cette requête, nous montrons que le patient peut être sujet aux conséquences de l'exposition initiale à haute altitude: si la pression partielle et la concentration en oxygène sont respectivement inférieures à 50 mmHg et à 85%, le patient ne peut pas voyager sans oxygène supplémentaire (voir la Figure 54).



The screenshot shows a SPARQL query interface. The query is as follows:

```
SPARQL query:
PREFIX A: <http://www.semanticweb.org/COPDology#>

CONSTRUCT ( ?Patient A:HypoxiaTestResult true )
WHERE ( ?Patient A:fillin ?FilledTILTable.?FilledTILTable
?Patient A:hasEvaluationProcess ?Test1.
?Test1 A:processName 'Hypoxia_1'.
?Test1 A:outputValue ?Value.
A:hasCollectedAnswer ?CollectedAnswer.
?CollectedAnswer A:hasChosen ?SelectedOptions.?SelectedOptions A:hasValue ?Value.
FILTER ( ?Value < 85 ) )
```

The results are displayed in a table with three columns: subject, Predicate, and object.

subject	Predicate	object
Patient1	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient11	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient 24	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient 25	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient 28	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient 31	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>
Patient 37	HypoxiaTestResult	"true"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#boolean>

Figure: 54 Requête 4 et résultat.

5.7. Résultats

L'ontologie proposée convient à deux scénarios principaux. Premièrement, un scénario typique de surveillance à domicile pouvant fournir un service d'autogestion en observant des données physiologiques concernant la santé générale des individus, ainsi qu'une meilleure information sur les paramètres de l'air intérieur tels que la température, l'humidité, les gaz polluants, les poussières et les vapeurs. , qui sont considérés comme des facteurs déclenchants de la MPOC. Le deuxième scénario est conçu pour suivre les patients à l'extérieur de la maison. Dans la zone de surveillance extérieure, le système recueille des informations contextuelles ou des stimulus environnementaux susceptibles d'influencer les paramètres biomédicaux.

Pour illustrer l'utilisation du modèle, nous allons effectuer quelques expériences. Prenons le cas d'un patient MPOC surveillé à distance après le diagnostic. Les signes vitaux,

l'activité et les paramètres environnementaux du patient sont surveillés en permanence. Le profil du patient est présenté dans le Tableau 23.

Tableau 22 : Profil du patient

Profil du patient		
Âge : 51	PaO2 de base : 78	PAD de base: 75
Genre masculin	PaCO2 de base : 39	Au repos FEV1: 1.73 L
IMC : 23	SpO2 de base : 96	Au repos VO2: 2.53
Stade GOLD : I	Fréquence cardiaque de base	Au repos pH : 7.3
Comorbidités : GERD	Température de base : 36.95	Au repos HCO3: 25
Dyspnée de base (MMRC): MMRC2	Fréquence respiratoire de base : 15	
Fumeur : non	PAS de base : 115	
Médicament : bêta agoniste à courte durée d'action (SABA) et bêta agoniste à longue durée d'action (LABA)		

Les exigences pour la supervision configurée par les règles médicales sont décrites dans chaque expérience. Les paramètres à surveiller correspondent à des limites spécifiques. Tous ces paramètres sont décrits en tant que paramètres, contraintes et alarmes. Les alarmes définies sont associées à des contraintes configurées pour chaque profil. L'activation de l'une des alarmes alerterait le patient et le médecin; une alerte plus précoce doit être envoyée au patient et au pneumologue, avec une notification visible et un avertissement sonore. Ces expériences permettent d'analyser le respect des règles médicales et des services fournis en modifiant à la fois les signes vitaux et les activités du patient. Ces expériences sont classées comme suit.

Expérience 1—L'Objectif Principal de Cette Expérience est d'Examiner la Capacité de l'Ontologie à Détecter des Modifications Anormales des Paramètres Physiologiques. Les Alarmes et Contraintes qui Contrôlent ces Modifications sont Répertoriées dans le Tableau 24.

Tableau 23 : Alarmes et contraintes de biomarqueurs pour un profil spécifique

Paramètre	Contraint	Alarme
Pression artérielle : Pression Artérielle Diastolique (PAD) Pression Artérielle Systolique (PAS)	Activité légère	110 < PAD > 130 et 70 < PAD > 78 mmHg
	Activité modérée : 20 min	110 < PAS > 146 et 70 < PAS > 78 mmHg
	Activité vigoureuse : 15 min	110 < PAS > 168 et 70 < PAD > 78 mmHg
Fréquence cardiaque (FR)	Activité légère	77 bpm < FR > 113 bpm
	Activité modérée : 1 h	80 bpm < FR > 144 bpm
	Activité vigoureuse : 15 min	85 bpm < FR > 160 bpm
SpO ₂	Activité légère	95% > SpO ₂ > 97%

	Activité modérée : 30 min	94% > SpO ₂ > 96%
	Activité vigoureuse : 15 min	91% > SpO ₂ > 96%
Température	Activité légère	37 °C > Temp > 38.1 °C
	Activité modérée	37.8 °C > Temp > 38.4 °C
	Activité vigoureuse : 20 min	38 °C > Temp > 38.8 °C
	Activité légère	75 mmHg > PaO ₂ > 80 mmHg
PaO ₂	Activité modérée : 1 h	78 mmHg > PaO ₂ > 85 mmHg
	Activité vigoureuse : 15 min	80 mmHg > PaO ₂ > 98 mmHg
	Activité légère	36 mmHg > PaCO ₂ > 42 mmHg
PaCO ₂	Activité modérée : 1 h	35 mmHg > PaCO ₂ > 40 mmHg
	Activité vigoureuse : 15 min	30 mmHg > PaCO ₂ > 36 mmHg
	Activité légère	14 res/min > FR > 20 res/min
Fréquence Respiratoire (FR)	Activité modérée : 1 h	15 res/min > FR > 35 res/min
	Activité vigoureuse : 15 min	20 res/min > FR > 50 res/min
	Activité légère	2.5 L > FEV1 > 2.7 L
FEV1	Activité modérée : 30 min	2.4 L > FEV1 > 2.7 L
	Activité vigoureuse : 10 min	2.2 L > FEV1 > 2.7 L
	Activité légère	2.5 mL/kg/min > VO ₂ > 6.5 mL/kg/min
VO ₂	Activité modérée : 20 min	3.09 mL/kg/min > VO ₂ > 9.7 mL/kg/min
	Activité vigoureuse : 10 min	4.3 mL/kg/min > VO ₂ > 11.8 mL/kg/min
	Activité légère	7.18 > pH > 7.34
Niveau de pH	Activité modérée : 1 h	7.05 > pH > 7.24
	Activité vigoureuse : 1 h	6.93 > pH > 7.12
	Activité légère	20 > HCO ₃ > 30
HCO ₃	Activité modérée : 1 h	16 > HCO ₃ > 26
	Activité vigoureuse : 1 h	15 > HCO ₃ > 24

Le nombre d'alertes biométriques de la Figure 55 est illustré sur une base mensuelle. L'expérience révèle qu'il y a eu des centaines de changements dans les signes vitaux détectés par notre système au cours de cette année. Nous observons que les taux les plus élevés ont été observés durant les mois de juillet, août et décembre, lorsque le système a détecté environ 1300 cas de conditions anormales.

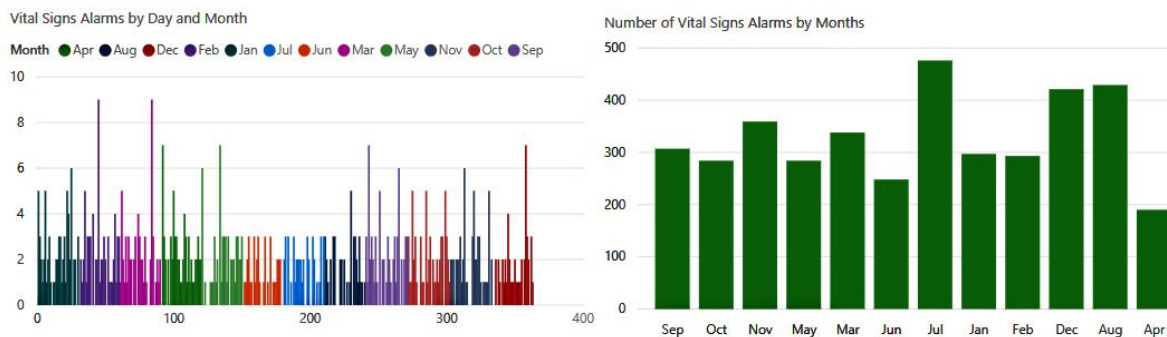


Figure: 55 Nombre d'alarmes lorsque les signes vitaux sont anormaux.

Expérience 2 —Le But de cette Expérience est de Déterminer la Capacité de protection contre les Polluants Intérieurs et Extérieurs et de Garantir le Respect des Règles en Matière de Pollution Liées au Profil du Patient, Comme le Montre le Tableau 25 Ci-Dessous.

Tableau 24 : Alarmes et contraintes de polluants pour un profil spécifique

Paramètre	Contraintes	Alarme
Monoxyde de carbone (CO)	Limite d'exposition : 1 h	CO > 2 ppm
Formaldéhyde (HCHO)	Limite d'exposition : 1 h	HCHO > 0.04 ppm
Composés organiques volatils (COVT)	Limite d'exposition : 1 h	TVOC > 0.9 ppm
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Limite d'exposition : 8 h	CO ₂ > 600 ppm
Particules PM10	Limite d'exposition : 24 h	PM10 > 60 µg/m ³
Particules PM2.5	Limite d'exposition : 24 h	PM2.5 > 45 µg/m ³
Ozone (O ₃)	Limite d'exposition : 8 h	O ₃ > 0.03 ppm
Les bactéries	Aucune tolérance	Bactérie > 600 CFU/m ³
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Limite d'exposition : 8 h	NO ₂ > 5 ppm
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Limite d'exposition : 8 h	SO ₂ > 0.06 ppm
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	Limite d'exposition : 8 h	H ₂ S > 1 ppm
Oxyde nitrique (NO)	Limite d'exposition : 8 h	NO > 25 ppm
Oxydes d'azote (NO _x)	Limite d'exposition : 8 h	NO _x > 10 ppm
Soufre réduit total (SRT)	Limite d'exposition : 4 h	TRS > 10 ppm

Comme le montre la Figure 56 ci-dessous, les risques de pollution dans les espaces internes et externes étaient également nombreux. Selon l'expérimentation réalisée, le patient recevait entre deux et huit alertes de notification par jour, ce qui réduirait considérablement l'incidence d'exacerbations.

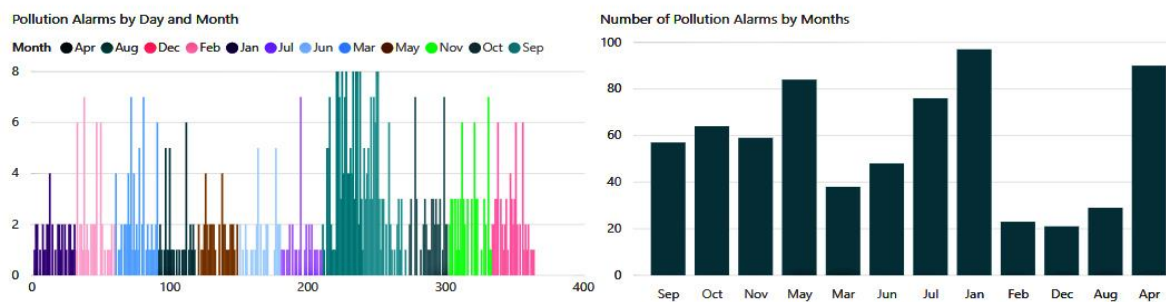


Figure: 56 Nombre d'alarmes lorsque l'indice de pollution est dangereux

Expérience 3—L'Objectif Principal de cette Expérience est de Montrer l'Importance des Recommandations Lorsque les Patients ne sont pas Protégés par Les Règles Météorologiques. Le Tableau 26 Présente Certaines des Alarmes et des Contraintes Liées aux Conditions Climatiques Correspondant à un Profil Spécifique des Patients Atteints de MPOC.

Tableau 25 : Alarmes météo et contraintes pour un profil spécifique

Paramètre	Contraint	Alarme
Température intérieure	9h dans la chambre	18 °C > Température > 18.5 °C
	Salon	Température > 21 °C
Humidité intérieure	Aucune condition supplémentaire	30% > Humidité > 50%
Pression intérieure	Aucune condition supplémentaire	1013 kpa > Pressure > 1018 kpa
Humidité extérieure	Température <30 °C	Humidité > 75%
Température extérieure	Temps chaud : 30 min	Température > 27 °C
	Temps de motte : 30 min	Température < 14 °C
	Très froid : 15 min	Température < 5 °C
Pression extérieure	15 °C <Température extérieure <25 °C	Pression < 89.325 kpa
Vitesse du vent	Limite d'exposition 15 min	VV >12 mph
	Limite d'exposition 1 h	VV > 7mph
Précipitation	Les précipitations	PRF> 0.2 cm
	Chute de neige	PSF> 5 cm

Les alertes météorologiques quotidiennes étaient réparties entre les alarmes liées à la température, à l'humidité, à la pression atmosphérique, au vent et aux précipitations. La Figure 57 montre le nombre de notifications climatiques reçues par le patient au cours des différents mois de l'année.

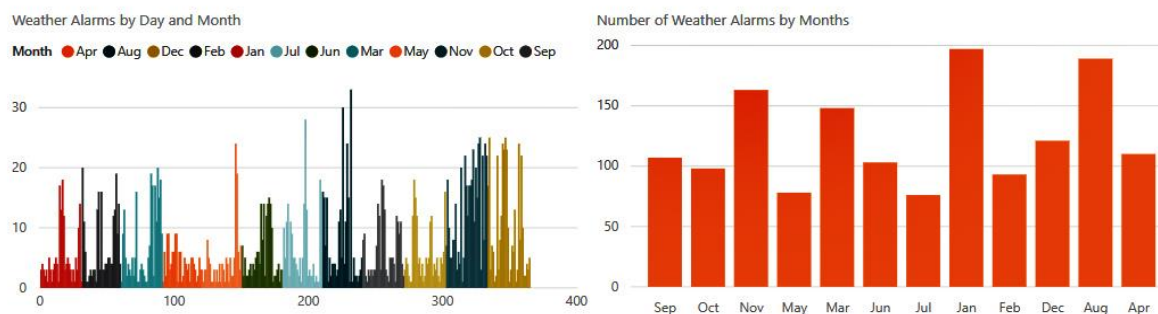


Figure: 57 Nombre d'alarmes par temps extrême.

Expérience 4—Le But de Cette Expérience est d'évaluer le Rôle des Règles d'Activités. Le Tableau 27 Présente Certaines des Alarmes et Contraintes Relatives aux Activités Quotidiennes qui Conviennent à un Profil Spécifique de Patients Atteints de MPOC.

Tableau 26 : Activités alarmes et contraintes pour un profil spécifique

Paramètre	Contraint	Alarme
Entraînement aérobique (AT)	Temps d'endurance : 30 minutes	Si AT> 30 minutes
Voyage en avion	Test de simulation d'altitude d'hypoxie (HAST)	Spo2 <92% Spo2 <84% avec 6MWT PaO2 <50 mmHg
Voyage en montagne	-	Altitude> 1050m
Nourriture	Sodium : 24 heures	Sodium> 180 mg
	Fructose : 24 heures	Fructose> 25g
	Glucose : 24 heures	Glucose> 20 mg
	Calcium : 24 heures	CA <1200 mg
	Vitamine D : 24 heures	800 UI> Vitamine D> 2000 UI
	Vitamine C : 24 heures	Vitamine C> 1000 mg
	Vitamine A : 24 heures	Vitamine A> 850mcg
	Vitamine E : 24 heures	Vitamine E> 900 UI
	Vitamine B12 : 24 heures	Vitamine B12> 2.2mcg
	Fer : 24 heures	Fer> 35 mg
	Zinc : 24 heures	Zinc> 40 mg
	Magnésium : 24 heures	Magnésium> 435 mg
	Glucides : 24 heures	Glucides> 380g
	Protéines : 24 heures	Protéines> 80g
	Graisse: 24 heures	Graisse> 75g

Sur la figure 58, nous pouvons voir le nombre de risques que le patient peut encourir en raison de son implication dans des activités dangereuses ou du manque d'un apport nutritionnel adéquat.

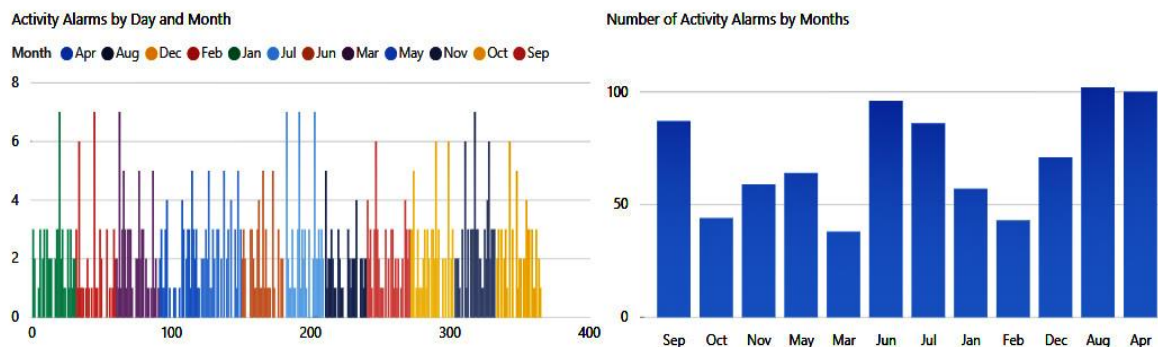


Figure: 58 Nombre d'alarmes liées aux activités.

Les simulations présentées ont traité une grande quantité de données (525600 enregistrements) de situations possibles. Les alarmes générées ont été classées en quatre catégories principales: signes vitaux, activité, pollution et conditions météorologiques. Le système applique une surveillance continue et détecte au total 3962 situations anormales. Le

Tableau 28 fournit des informations détaillées sur le nombre d'alarmes au cours des différentes saisons.

Tableau 27 : Nombre total d'alarmes

Facteur	Dépassement des seuils (hiver)	Dépassement des seuils (printemps)	Dépassement des seuils (été)	Dépassement des seuils (automne)
Signes vitaux	114	98	188	166
Météo	356	340	437	480
La pollution	298	200	391	377
Activité	160	84	196	41
Total	928	722	1212	1064

5.8. Évaluation et Validation

Les systèmes existants cherchaient à promouvoir leurs produits sans accorder beaucoup d'attention à la conception et aux performances du contexte; au lieu de cela, leurs recherches ont porté sur la technologie en tant que pratique soutenue par les patients. Il est important que les systèmes utilisés soient soutenus par des directives et des protocoles de pratique clinique afin de maintenir la cohérence et de minimiser les erreurs médicales. Sans un cadre bien validé, le système de santé ne pourra fournir aucun type de services de protection ou d'autogestion. La précision reste un défi important pour les alertes générées par les systèmes d'aide à la décision. Dans la pratique, on ne sait pas exactement comment des modifications des paramètres physiques affecteraient la précision des alertes prédéfinies et leur impact sur les résultats pour les patients. Développer la précision améliorerait la performance globale des systèmes de télésurveillance et réduirait donc considérablement le fardeau de la maladie.

Comme il l'a été mentionné précédemment, le problème des systèmes de surveillance était l'impact des aspects commerciaux et industriels sur la recherche, qui poussait fort à l'adoption aveugle sans une évaluation rigoureuse des conceptions proposées. Ce manque d'évaluation crédible soulève de nombreuses questions sur la faisabilité et l'efficacité de cette technologie. Cette section explorera les performances de notre ontologie en utilisant une matrice de confusion. La mesure de la performance quantifie l'exactitude, la sensibilité, la

spécificité et la probabilité de prédire un changement dangereux des paramètres physiologiques chez les patients atteints de MPOC. Le but de cette évaluation est de mesurer la précision des alarmes aux niveaux technique et clinique. Un fichier maître a été créé dans MS Excel®, contenant 1200 dossiers de patient, des lectures biométriques pour chaque patient (température corporelle, pression artérielle diastolique (PAD), pression artérielle systolique (PAS), fréquence cardiaque, oxygène en pression partielle (PaO₂), saturation en oxygène (SpO₂), le dioxyde de carbone sous pression partielle (PaCO₂), la consommation d'oxygène (VO₂), la fréquence respiratoire, les niveaux de pH, la concentration de carbonate d'hydrogène dans le sang (HCO₃), et le VEMS ont été extraits des résultats déduits de l'ontologie dans différents scénarios. Cette information a été présentée aux médecins dans le format suivant (voir le Tableau 29):

Tableau 28 : Formulaire d'évaluation du patient

Profil					Activité actuelle	Signes vitaux			
Âge	Sexe	IMC	Stade	Comorbidité		Temp	DBP	SBP	HR
Signes vitaux									
PaO ₂	PaCO ₂	SpO ₂	RR	PH	HCO ₃	FEV1	FVC	VO ₂	
Rapport du médecin									

Les données sont utilisées pour calculer les matrices de confusion pour les résultats du rapport du médecin. Il existe quatre résultats possibles: vrai positif (VP), vrai négatif (VN), faux positif (FP) et faux négatif (FN). La matrice de confusion contient des informations sur les classifications prédites identifiées par notre ontologie et les opinions d'experts médicaux. La désignation des catégories est la suivante: (1) l'alarme générée est basée sur un seuil défini dans les règles SWRL pour chaque paramètre biométrique (2) les valeurs sont interprétées dans l'ontologie pour identifier le moment où une intervention est nécessaire (3) une fois qu'un niveau de risque est établi, le classificateur est classé dans l'une des quatre catégories (VP, VN, FP, FN) sur la base des résultats du rapport du médecin. Les catégories de cette recherche sont définies comme suit:

1. VP a une alarme avec une hospitalisation.
2. FN n'a pas d'alarme avec une hospitalisation.
3. VN n'a pas d'alarme et pas d'hospitalisation.
4. FP a une alarme sans hospitalisation.

Les matrices de confusion du Tableau 30 illustrent les résultats des alarmes émises sur la base des résultats du rapport du médecin. Le Tableau 31 suivant résume les performances de notre ontologie: précision, sensibilité, spécificité, FNF, représentant la spécificité 1, FNF, VPP et VPN.

Tableau 29 : La matrice de confusion

Recommandation de l'ontologie	Recommandation du médecin	VP	FP	VN	FN
Alarme d'hospitalisation	Hospitalisation	1			
Alarme d'hospitalisation	Pas d'hospitalisation		1		
Pas d'alarme d'hospitalisation	Pas d'hospitalisation			1	
Pas d'alarme d'hospitalisation	Hospitalisation				1

Tableau 30 : Référence standard et résultats pour le modèle d'aide à la décision clinique

Indice	Intervention	Non-intervention	Total
Test d'index positif	Vrai positif (VP) = 512	Faux positif (FP) = 88	VP + FP = 600
Test de l'indice négatif	Faux négatif (FN) = 56	Vrai négatif (VN) = 544	VN + FN = 600
Total	VP + FN = 568	VN + FP = 632	
1.	Précision (AC) = $(VP + VN) / (VN + FN + FP + VP) = 88\%$		
2.	Sensibilité = $(VP) / (VP + FN) = 91,14\%$		
3.	Fraction de faux négatifs (1-Sensibilité) = (FNF) = $FN / (VP + FN) = 9,85\%$		
4.	Spécificité = $(VN) / (VN + FP) = 86,07\%$		
5.	Fraction de faux positifs (1-spécificité) = (FFP) = $FP / (VN + FP) = 13,92\%$		
6.	Valeur prédictive positive (VPP) = $(VP) / (VP + FP) = 85,33\%$		
7.	Valeur prédictive négative (VPN) = $(VN) / (FN + VN) = 90,66\%$		
8.	$F1 = \left(\frac{Recall^{-1} + Precision^{-1}}{2} \right)^{-1} = 88.13\%$		

Les résultats indiquent que notre modèle atteint une précision de 88% sur un ensemble de 1200 cas cliniques. La sensibilité et la spécificité ont des valeurs élevées, indiquant la capacité de l'ontologie à détecter les signes avant-coureurs. La valeur prédictive positive (VPP) est définie comme la probabilité d'intervention pour des résultats de test positifs, tandis que la valeur prédictive négative (VPN) décrit la probabilité d'être en bonne santé malgré les résultats de tests négatifs.

5.9. Conclusions et Limitations

L'approche proposée offrira un potentiel considérable pour relever certains des défis actuels liés à la MPOC, car elle établit de nouvelles obligations qui limiteront de nombreux dangers potentiels à différents niveaux, à la fois physiologique et environnemental. Le modèle présenté fournit des alarmes et des recommandations automatisées pour notifier les patients. L'ontologie peut reconnaître tout changement important dans la biométrie et l'environnement basé sur un seuil personnalisé. Le processus de protection vise à ajuster les seuils autour de l'état normal afin d'éviter les déclenchements d'exacerbation. Nos résultats ont prouvé que les seuils dynamiques peuvent améliorer les systèmes de télésurveillance existants et apporter une contribution précieuse à l'identification de l'état de santé des patients atteints de MPOC. Trois conclusions principales peuvent être tirées de ce travail. Premièrement, un système basé sur une ontologie peut fournir un moyen plus efficace de traiter des données médicales. Deuxièmement, l'ajout d'une couche d'experts SWRL au-dessus d'OWL permet de gérer différents types de contexte et de suggérer des recommandations fiables. Troisièmement, les résultats confirment l'importance du contexte, car ils démontrent que les variables du contexte ont une forte influence sur la précision des décisions. Ce travail présente certaines limites au niveau de la prise de décision et de la mise en œuvre. Le moteur de raisonnement central repose sur des règles définies par des experts. Ainsi, dans le cas où les pneumologues omettent de mentionner certains scénarios de risque, le système est incapable de détecter directement des conditions anormales. De plus, le système proposé est considéré comme relativement plus complexe que le système traditionnel, car il doit traiter simultanément de grandes ontologies et des bases de données relationnelles, ce qui peut réduire les performances informatiques en termes de temps de réponse. Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant l'application pratique de cette approche. Cette étude devra être évaluée par la mise en œuvre réelle et d'un essai croisé afin d'évaluer son succès et son efficacité.

CONCLUSION ET DISCUSSION

La classification, la modélisation du contexte, le raisonnement et la personnalisation sont des questions fondamentales abordées dans cette thèse. Dans ce dernier chapitre, les résultats principaux et les conclusions finales sont discutés afin de situer la contribution de ce travail dans le cadre de l'informatique médicale sensible au contexte. Nous allons aussi présenter les défis futurs auxquels ce projet sera confronté durant les prochaines phases.

6.1 Les contributions réalisées

Contribution 1 : Réaliser un état de l'art sur les aspects généraux du contexte. Examiner les avantages et limites des modèles de représentation du contexte.

Le deuxième chapitre de cette thèse est une introduction générale au contexte. Cette partie a discuté les modèles les plus utilisés dans la représentation du contexte, elle a montré au lecteur l'importance de chaque modèle en soulignant ses caractéristiques, ses forces et faiblesses et ses domaines d'utilisation. Les fonctionnalités de douze modèles ont été considérées, à savoir l'ontologie, les clés-valeurs, le marquage, les modèles logiques et graphiques, le modèle orienté objet, le paradigme spatial, le modèle multidisciplinaire, et les modèles de domaine et d'utilisateur, le modèle inspiré par la chimie et le modèle hybride. Ce chapitre a donné un aperçu général de la manière dont les modèles de contexte pourraient être utilisés pour fournir une représentation réussie de connaissances. À la fin, il a été conclu que la représentation ontologique et hybride était plus efficace à certains égards, notamment dans la représentation des scénarios réels.

Contribution 2: Concevoir une nouvelle classification de contexte dans le domaine médical.

Le troisième chapitre de cette thèse a présenté les principaux avantages que le contexte en général et le contexte médical en particulier peuvent apporter à l'informatique qui traite les problèmes de santé. Dans ce chapitre, nous avons cherché à montrer les inconvénients structuraux de la catégorisation traditionnelle de contexte, et alors mettre en place un nouveau contexte médical cohérent. Ce chapitre a présenté une réponse détaillée à la question principale de cette partie de recherche: comment utiliser le contexte médical pour relever les défis qui se présentent lors de la création des applications de surveillance à distance en termes de gestion de données cliniques, personnelles, environnementales, sociales, et techniques. Pratiquement, le deuxième objectif était de construire une projection contextuelle évolutive pour le domaine médical. À cette fin, nous avons proposé une nouvelle classification du contexte en prenant en compte l'ensemble des éléments dont nous pourrions avoir besoin pour développer un système intégré de surveillance des maladies chroniques. En plus, ce chapitre a mis en lumière les facteurs contextuels de base dans le domaine de la MPOC, où il a passé en revue un large éventail de services et d'équipements pertinents.

Contribution 3 : Procéder à une revue approfondie de la stratégie de construction de l'ontologie. Étudier la modélisation ontologique dans le domaine de la MPOC, et évaluer leur potentiel dans la représentation du contexte.

L'ontologie a été largement identifiée comme étant un moyen pour réaliser l'interopérabilité sémantique, et promouvoir les principes de partage de l'information. Ces attributs sont essentiellement utilisés pour supporter la représentation des connaissances et simplifier les interconnexions entre les applications différentes. La modélisation basée sur des ontologies vise à faciliter la coopération entre des sources de données hétérogènes, et formaliser toutes les informations du contexte. Dans le quatrième chapitre, nous avons examiné les ontologies existantes dans le domaine de la MPOC. La première partie de ce

chapitre est consacrée à étudier les types d'ontologies, les méthodologies de construction, les techniques d'implémentation et les métriques d'évaluation. Cette description sert de référence pour le déploiement des ontologies. La deuxième partie discutait la flexibilité de l'ontologie, en termes de l'efficacité organisationnelle et la réutilisation de composants. Cette partie met en lumière l'intégration de l'ontologie médicale avec les services de raisonnement automatique basés sur les règles afin de fournir des soins de santé personnalisés. Dans cette étude, Il a été démontré que le langage OWL pouvait être utilisé pour exprimer toute sorte des connaissances dans le domaine médical, et il a été aussi conclu que les règles SWRL pouvaient être servi efficacement pour supporter le processus de raisonnement dans le milieu ontologique. Cette méthodologie de recherche a conduit à la conception de l'architecture globale proposée au chapitre 4. Cette architecture a été expliquée aux chapitres 4 et 5 en vue de démontrer les avantages fondamentaux apportés par l'ontologie au système de soins de santé sensible au contexte.

Contribution 4 : Concevoir et développer une architecture de télésurveillance basée sur une ontologie.

Pour atteindre cet objectif, nous avons conçu une structure de quatre couches, la première couche est dédiée à la collecte et à la transmission des données, telles que le profil médical du patient, les biomarqueurs et les informations environnementales, qu'elles soient recueillies à partir de capteurs de surveillance portables ou fixes. La deuxième couche est le schéma ontologique qui a été utilisé pour interpréter des informations complexes et traduire le contexte réel du patient dans un langage compréhensible et accessible à la machine. La troisième couche est pertinente au processus du raisonnement qui analyse toutes sortes des données, de facteurs d'influence, exécute les plans d'autogestion, et les approches de prévention. La quatrième couche est celle liée à l'application qui permet de déployer les solutions.

Cet objectif a été abordé aux chapitres 4 et 5, afin de gérer les données contextuelles dans les scénarios intérieurs et extérieurs, l'ontologie de la MPOC a été adaptée à l'objectif des soins de santé ubiquitaire et 600 profils de patients cliniques ont été conçus pour valider l'approche proposée. L'une des principales questions de recherche posées au chapitre 4 était de savoir comment l'ontologie pourrait être utilisée pour fournir des services personnalisés en fonction de contexte des patients. L'ontologie proposée (COPDology) comprend une description des informations contextuelles qui nous aide à contrôler l'état d'un patient. Ces informations ont été classées en 5 catégories : les profils des patients, les mesures des signes vitaux, les informations environnementales, les informations de localisation et des activités. Le profil consiste des informations recueillies par un médecin, tandis que les autres catégories sont des informations en temps réel afin de définir l'image complète du contexte. La solution COPDology a été désignée pour le contexte et ses recommandations dans la même structure architecturale. En outre, des évaluations ont été réalisées afin de tester les performances d'ontologie en termes, de temps d'exécution, d'efficacité, et d'applicabilité. Bien qu'il n'existe pas de critère standard pour évaluer les performances d'une application à base d'ontologies, ces métriques sont actuellement utilisées dans l'état de la technique pour évaluer les performances des prototypes similaires. Les résultats de l'évaluation nous ont amenés à conclure que l'agent sémantique est extensible, concis, cohérent, flexible, insensible, et consomme un peu de ressources et qu'il pourrait être installé dans des environnements à ressources limitées.

Contribution 5 : Construire une couche de raisonnement qui combine deux types d'inférences

La nature complexe des maladies chroniques, et en particulier, la MPOC, impose plus de difficultés pour le raisonnement où nous sommes obligés de gérer centaines des données contextuelles. Aucune des méthodes de raisonnement existantes ne pouvait gérer individuellement toutes les subtilités du domaine de la MPOC. À cette fin, ce projet a proposé un mécanisme de raisonnement composé, consiste des méthodes de raisonnement

ontologique et à base des règles. La solution proposée vise à créer un environnement sécurisé pour les patients atteints de MPOC. Cette approche fournit un ensemble des recommandations personnalisé pour répondre aux besoins des patients et faciliter leur vie quotidienne. En fait, la nouvelle contribution se réside dans le raisonnement ontologique à base des règles. Le noyau d'inférence est constitué de nouvelles règles simplifiées capables de gérer les différents contextes de la vie réelle, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison. L'architecture modulaire supportée par les règles, facilite l'intégration de données, d'une manière adaptée aux profils des patients, et besoins cliniques. Cette recherche impliquait une collaboration multidisciplinaire dans laquelle les pneumologues avaient un rôle essentiel à jouer dans la définition de règles médicales.

Contribution 6 : Proposition d'un modèle de simulation multi échelles pour valider notre ontologie

Afin d'évaluer la performance de notre système de santé, des expériences supplémentaires ont été réalisées avec une séquence de scénarios réalistes décrivant les conditions environnementales et les activités quotidiennes des patients atteints de MPOC. À cette fin, nous avons rassemblé et créé d'énormes bases de données contenant des données simulant les activités quotidiennes et les conditions climatiques, et les renseignements personnels de patients.

6.2 Discussion

L'objectif général de cette thèse était d'apporter des contributions concrètes dans le domaine des soins de santé ubiquitaire. D'un point de vue scientifique, le but principal de cette recherche était d'étudier l'efficacité d'ontologie dans la création de systèmes de recommandation médicale. L'ontologie a présenté de meilleurs résultats que des approches classiques dans la gestion de la complexité du contexte. Cette ontologie peut servir à

déterminer le contexte du patient de façon automatique et fournir de services de soins de santé personnalisés, prenant en considération la sensibilité de chaque profil médical. Dans ce travail, une attention particulière est accordée à la représentation de données pour harmoniser les informations contextuelles provenant de différentes sources. Nous discutons aussi la manière dont le modèle proposé peut utiliser pour assurer la configuration automatique de soins de santé ubiquitaire.

Cet objectif a été obtenu et les sous-objectifs ont été atteints. L'apport majeur de cette thèse est un système d'alerte médicale. Ce système basé sur une combinaison d'ontologie et de règles SWRL afin de fournir divers types de protection aux patients atteints de MPOC. L'intégration des ontologies et les règles d'inférence médicales est une approche intéressante qui tire parti des avantages principaux que les deux solutions offrent en termes de représentation des connaissances, d'organisation du contexte, et de raisonnement. Notre ontologie peut être réutilisée, modifiée, et étendue d'un moyen simple, parce qu'elle repose sur le principe de la séparation des domaines. La structure modulaire est adoptée afin de faciliter le développement, la maintenance, l'évolution et la validation, ainsi que l'intégration de divers modules spécifiques à un domaine Cette ontologie décrit indépendamment le contexte du patient, des activités, de localisation, de la maladie, d'environnement, des services et des équipements, tandis que le profil générique de patient offre l'avantage de créer des profils des états et des comorbidités différents. La conception modulaire permet d'utiliser et de combiner les modules en fonction des besoins d'une tâche particulière, alors que chacun des modules peut être utilisé séparément et que l'ontologie peut être étendue à de nouveaux modules qui peuvent être ajoutés ultérieurement. Par conséquent, cette approche constitue cependant une solution souple pour l'automatisation des services de surveillance personnalisés.

En ce qui concerne le moteur d'inférence, deux contributions ont été présentées dans cette thèse. D'une part, le raisonnement basé sur les règles a été appliqué pour fournir des capacités d'autogestion du contexte. Cette dernière capacité implique que le système doit

interroger périodiquement pour détecter les changements de contexte. D'autre part, les règles médicales ont été conçues pour protéger les patients contre les facteurs de risque.

En plus de tout ce qui précède, il a été démontré qu'il était nécessaire d'investir davantage dans le développement de systèmes de télésurveillance ubiquitaire, car ces systèmes permettent aux patients d'être surveillés à distance et guidés par leur médecin partout et à tout moment. Deuxièmement, il a été prouvé que les ontologies peuvent être utilisées avec succès pour fournir des descriptions cohérentes des contextes médicaux. Troisièmement, il a été confirmé que par l'incorporation de règles individuelles en combinaison avec les connaissances exprimées dans l'ontologie, des tâches individuelles et personnalisées peuvent être fournies.

Une surveillance et un traitement efficaces sont nécessaires pour faire face aux taux élevés d'exacerbation et de comorbidité chez les personnes souffrant de maladies pulmonaires. Cette étude a examiné la faisabilité et l'efficacité potentielle d'une intervention automatisée de télésanté, appuyée par la gestion des soins de santé par des pneumologues, chez les adultes atteints de MPOC. Nos principaux résultats d'intérêt étaient de promouvoir la sécurité des patients, diminuer les erreurs médicales, les effets indésirables des médicaments et la mortalité. L'informatisation des connaissances médicales est l'une des technologies les plus utiles pour améliorer la qualité de vie des patients. En outre, la surveillance à distance est en train de changer la manière dont les soins sont prodigués, ce qui permet de réaliser d'importantes économies de temps, d'argent et d'efficacité tout en élargissant l'accès aux soins pour les patients qui en ont le plus besoin. Il semble représenter l'ensemble fonctionnel d'activités qui devrait redéfinir les futurs établissements de soins médicaux - soins centrés sur le patient avec des centres de santé virtuels, des hôpitaux et des établissements de soins de longue durée.

6.3 Travaux futurs

Ce travail ouvre la voie à de nouvelles perspectives que nous considérons intéressantes. Pour en revenir à l'introduction et aux objectifs proposés, il semble assez clair qu'il reste encore un long chemin à parcourir avant que les systèmes de télémédecine d'être appliqués. Dans le cadre des efforts déployés, cette thèse est considérée comme une des premières tentatives systématiques visant à créer une solution intégrée pour les services médicaux contextuels à distance. Mais, bien que ce projet présente une nouvelle vision pour la construction des systèmes de surveillance des maladies chroniques, il y a encore plusieurs défis à relever.

L'interopérabilité : L'interopérabilité est une exigence fondamentale pour les systèmes de soins de santé. Pour cette raison même, nous nous efforcerons de développer un système compatible avec le standard international HL7, qui organise l'échange, l'intégration, le partage et la récupération d'informations électroniques de dossiers médicaux.

Extension des tests d'évaluation des performances : il s'agit d'effectuer de tests de performance réels notamment sur les règles de protection. C'est à dire, d'envisager d'autre niveau d'évaluation, plus précis, en appliquant l'approche proposée à des cas réels pour mettre en œuvre le côté pratique du projet de manière transparente. Cette étape nécessite une expérimentation compréhensive, à la fois en termes de la conception, la construction, et la finalisation de l'outillage supportant ce modèle.

Sécurité et respect de la vie privée : la collecte, et l'utilisation des informations personnelles constituent une menace sérieuse pour la vie privée. Il est alors nécessaire de procéder à une authentification des entités autorisées, que ce soit en identifiant les organisations responsables du déploiement de telles applications, ou en construisant d'un réseau de communication fiable et sécurisé. Il est également indispensable de gérer les

autorisations d'accès de ces entités à des données personnelles des patients, conformément aux normes et politiques de confidentialité à l'échelle locale et internationale.

Généralisation : Comme indiqué dans le titre, l'ontologie est conçue pour ralentir la progression de la MPOC. En raison des contraintes de temps, le modèle d'ontologie est développé pour collecter et partager les données liées aux maladies pulmonaires uniquement, mais la même approche ontologique peut être généralisée et étendue pour être appliquée à toutes les autres maladies chroniques comme les diabètes, accidents aux vasculaires cérébraux, cancer, Alzheimer, etc. La généralisation et le développement sera parmi les futurs objectifs de recherche.

BIBLIOGRAPHIE DU L'INTRODUCTION

1. M. Weiser. The Computer for the 21st Century. Scientific American, September 1991.
2. Alaaeddine Yousfi , Christine Bauer , Rajaa Saidi , Anind K. Dey, uBPMN, Information and Software Technology, v.74 n.C, p.55-68, June 2016 [doi>10.1016/j.infsof.2016.02.002]
3. J. Sen. Ubiquitous Computing: Potentials and Challenges. Proceedings of the International Conference on Trends & Advances in Computation & Engineering (TRACE), 25-26 February 2010.
4. R. Haux et al., "Health-Enabling and Ambient Assistive Technologies: Past Present Future", IMIA Yearbook, 2016.
5. Ma X, Wang Z, Zhou S, Wen H, Zhang Y (2018) Intelligent healthcare systems assisted by data analytics and mobile computing. Hindawi, Cairo.
6. Reid, P.P. , Compton, W.D. , Grossman, J.H. , Fanjiang, G. (2005). 'Information and communications systems: the backbone of health care delivery system'. in Building a Better Delivery System. Washington, DC:The National Academic Press.
7. Orwat C, Graefe A, Faulwasser T. Towards pervasive computing in health care - a literature review. BMC Med Inform Decis Mak. 2008;8:26. Published 2008 Jun 19. doi:10.1186/1472-6947-8-26
8. Kaye, Jeffrey. 2017. Making pervasive computing technology pervasive for health & wellness in aging. Public Policy & Aging Report 27(2): 53–61. <https://doi.org/10.1093/ppar/prx005>.
9. Bernell S, Howard SW. Use Your Words Carefully: What Is a Chronic Disease?. Front Public Health. 2016;4:159. Published 2016 Aug 2. doi:10.3389/fpubh.2016.00159
10. H. SchmidtD. H. Barrett, L. W. Ortmann, A. Dawson, C. Saenz, A. Reis, and G. Bolan, "Chronic disease prevention and health promotion," in Public Health Ethics: Cases Spanning the Globe, pp. 137–176, Springer, Cham, 2016.
11. Laraeau SC, Fahy B, Meek P, et al.: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). Am J Respir Crit Care Med.2019; 199(1): P1–P2.
12. M. B. Ospina, D. Voaklander, A. Senthilselvan et al., "Incidence and prevalence of chronic obstructive pulmonary disease among aboriginal peoples in Alberta, Canada," PLOS ONE, vol. 10, no. 4, Article ID e0123204, 2015
13. Public Health Agency of Canada. Report from the Canadian Chronic Disease Surveillance System: Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) in Canada, 2018.
14. Poder TG, Carrier N, Bélanger M, et al. Eosinophil counts in first COPD hospitalizations: a 1-year cost analysis in Quebec, Canada. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2018;13:3065–3076. Published 2018 Oct 8. doi:10.2147/COPD.S170747
15. Sama SR, Kriebel D, Gore RJ, DeVries R, Rosiello R. Environmental triggers of COPD symptoms: a case cross-over study. BMJ Open Respir Res. 2017;4(1):e000179. Published 2017 Jul 3. doi:10.1136/bmjresp-2017-000179.
16. Hansel NN, McCormack MC, Kim V. The Effects of Air Pollution and Temperature on COPD. COPD. 2015;13(3):372–379. doi:10.3109/15412555.2015.1089846.
17. Collins JA, Rudenski A, Gibson J, Howard L, O'Driscoll R. Relating oxygen partial pressure, saturation and content: the haemoglobin-oxygen dissociation curve. Breathe (Sheff). 2015;11(3):194–201. doi:10.1183/20734735.001415
18. Stephan Waltersbacher, David J. Walker, Hans-Joachim Kabitz, Wolfram Windisch & Michael Dreher (2013) The Effect of Continuous Positive Airway Pressure on Stair-Climbing Performance in Severe COPD Patients, COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 10:2, 193-199, DOI: 10.3109/15412555.2012.734872.
19. Devine JF. Chronic obstructive pulmonary disease: an overview. Am Health Drug Benefits. 2008;1(7):34–42.
20. Hillas G, Perlikos F, Tsiligianni I, Tzanakis N. Managing comorbidities in COPD. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2015;10:95–109. Published 2015 Jan 7. doi:10.2147/COPD.S54473.
21. Kc R, Shukla SD, Gautam SS, Hansbro PM, O'Toole RF. The role of environmental exposure to non-cigarette smoke in lung disease. Clin Transl Med. 2018;7(1):39. Published 2018 Dec 5. doi:10.1186/s40169-018-0217-2
22. Montes de Oca M, Zabert G, Moreno D, Laucho-Contreras ME, Lopez Varela MV, Smoke Surmont F. Biomass exposure, and COPD risk in the primary care setting: The PUMA Study. Respiratory care. 2017;62(8):1058–1066. doi: 10.4187/respcare.05440.
23. Lee SJ, Kim SW, Kong KA, Ryu YJ, Lee JH, Chang JH. Risk factors for chronic obstructive pulmonary disease among never-smokers in Korea. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2015;10:497–506. Published 2015 Mar 5. doi:10.2147/COPD.S77662.

24. Li J, Sun S, Tang R, et al. Major air pollutants and risk of COPD exacerbations: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:3079–3091. Published 2016 Dec 12. doi:10.2147/COPD.S122282.
25. Salvi S, Barnes PJ. Is exposure to biomass smoke the biggest risk factor for COPD globally? *Chest* 2010;138:3–6.
26. Fromer L. Diagnosing and treating COPD: understanding the challenges and finding solutions. *Int J Gen Med*. 2011;4:729–739. doi:10.2147/IJGM.S2138
27. Mirza S, Clay RD, Koslow MA, et al. COPD Guidelines: A Review of the 2018 GOLD Report. *Mayo Clin Proc*. 2018;93:1488–1502. doi: 10.1016/j.mayocp.2018.05.026.
28. Jadad AR, Rennie D. The randomized controlled trial gets a middleaged checkup. *Journal of American Medical Association* 1998;279:319–320.
29. Webster's Third New International Dictionary, Unabridged. G&C Merriam Co, 1976.
30. Owen R. Reader bias. *Journal of American Medical Association* 1982; 247:2533–2534. 5. Chalmers TC, Celano P, Sacks HS, Smith H. Bias in treatment assignment in controlled clinical trials. *New England Journal of Medicine* 1983; 309:1359–1361.
31. Ju-Seop Kang corresponding and Min-Ho Lee. Overview of Therapeutic Drug Monitoring. *Korean J Intern Med*. 2009 Mar; 24(1): 1–10. Published online 2009 Mar 6. doi: 10.3904/kjim.2009.24.1.1
32. Decramer M, Janssens W; Chronic obstructive pulmonary disease and comorbidities. *Lancet Respir Med*. 2013 Mar;1(1):73-83. doi: 10.1016/S2213-2600(12)70060-7. Epub 2013 Jan 14.
33. Haseloff, S., Context Awareness in Information Logistics, Ph.D. Thesis, TU Berlin, Germany, 2005.
34. Somekh J, Choder M, Dori D. Conceptual Model-based Systems Biology: mapping knowledge and discovering gaps in the mRNA transcription cycle. *PLoS One*. 2012;7(12):e51430. doi:10.1371/journal.pone.0051430
35. Ammenwerth E. Evidence-based Health Informatics: How Do We Know What We Know?. *Methods Inf Med* 2015; 54: 298-307.
36. Tomasic I, Tomasic N, Trobec R, Krpan M, Kelava T. Continuous remote monitoring of COPD patients-justification and explanation of the requirements and a survey of the available technologies. *Med Biol Eng Comput*. 2018;56(4):547–569. doi:10.1007/s11517-018-1798-z.
37. Vianello, A, Fusello, M, Gubian, L. Home telemonitoring for patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *BMC Pulm Med* 2016; 16: 157.
38. Antuni JD, Barnes PJ. Evaluation of Individuals at Risk for COPD: Beyond the Scope of the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 2016;3(3):653–667. Published 2016 Jun 28. doi:10.15326/jcopdf.3.3.2016.0129
39. Chiba H and Abe S. The environmental risk factors for COPD—tobacco smoke, air pollution, chemicals. *Nippon Rinsho* 61: 2101–2106, 2003.
40. Almagro P, Castro A. Helping COPD patients change health behavior in order to improve their quality of life. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2013;8:335–345. doi:10.2147/COPD.S34211
41. Smith MF Jr, Hiepe F, Dörner T, Burmester G. Biomarkers as tools for improved diagnostic and therapeutic monitoring in systemic lupus erythematosus. *Arthritis Res Ther*. 2009;11(6):255. doi:10.1186/ar2834
42. A. Mukabunani. ontology based cdss applied on diabetes. ontology-based clinical decision support. system applied on diabetes. Master's thesis Information- and communication technology IKT590 - University of Agder 2017.
43. Schapire R. Machine learning algorithms for classification. Available from: www.cs.princeton.edu/~schapire/talks/picasso-minicourse.pdf. [Accessed January 15, 2019]

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE I

1. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva, 2013.
2. Murray CJ, Lopez AD. Mortality by cause for eight regions of the world: Global Burden of Disease Study. *Lancet* 1997; 349: 1269–1276.
3. Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2095–2128.
4. World Health Organization. Burden of COPD. Geneva: WHO, 2014. Available: <http://www.who.int/respiratory/copd/burden/en/>. Accessed: 25 November 2015.
5. Patel JG, Nagar SP, Dalal AA. Indirect costs in chronic obstructive pulmonary disease: a review of the economic burden on employers and individuals in the United States. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014;9:289–300.
6. Shapiro SD, Reilly JJJ, Rennard SI. Chronic bronchitis and emphysema. In: Robert J, Mason RJ, Martin TR, et al., editors. *Textbook of respiratory medicine*. 5. Philadelphia: Saunders; 2010. pp. 919–67.
7. Wan ES, Castaldi PJ, Cho MH, et al. the COPD Gene Investigators. Epidemiology, genetics, and subtyping of preserved ratio impaired spirometry (PRISm) in COPD Gene. *Respir Res*. 2014;15:89.
8. Dubé BP, Laveneziana P. Effects of aging and comorbidities on nutritional status and muscle dysfunction in patients with COPD. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 12):S1355–S1366. doi:10.21037/jtd.2018.02.20
9. Agusti AG, Sauleda J, Miralles C, et al. Skeletal muscle apoptosis and weight loss in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:485–9.
10. Collins PF, Elia M, Kurukulaaratchy RJ, Stratton RJ. The influence of deprivation on malnutrition risk in outpatients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Clin Nutr*. 2018;37(1):144–148.
11. Benedik B, Farkas J, Kosnik M, Kadivec S, Lainscak M. Mini nutritional assessment, body composition, and hospitalisations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med*. 2011;105(Suppl 1):S38–S43.
12. Rubi Ramires, Bruna & de Oliveira, Erick & Pimentel, Gustavo & Sloan, Katia & Muller Nakato, Darlan & Faganello, Márcia & Longo Galhardo, Maurício & Venâncio, Luciene. (2012). Resting energy expenditure and carbohydrate oxidation are higher in elderly patients with COPD: A case control study. *Nutrition journal*. 11. 37. 10.1186/1475-2891-11-37.
13. Chetty U, McLean G, Morrison D, Agur K, Guthrie B, Mercer SW. Chronic obstructive pulmonary disease and comorbidities: a large cross-sectional study in primary care. *Br J Gen Pract*. 2017;67(658):e321–8.
14. Mahishale V, Angadi N, Metgudmath V, et al. Prevalence and impact of diabetes, hypertension, and cardiovascular diseases in chronic obstructive pulmonary diseases: a hospital-based cross-section study. *J Translat Intern Med* 2015;3:155–60.
15. C Diederichs, K Berger, D Bartels The measurement of multiple chronic diseases—a systematic review on existing multimorbidity indices *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66 (2011), pp. 301–311.
16. McDonnell MJ, Aliberti S, Goeminne PC, et al. Comorbidities and the risk of mortality in patients with bronchiectasis: an international multicentre cohort study. *Lancet Respir Med*. 2016;4(12):969–979. doi:10.1016/S2213-2600(16)30320-4.
17. Putcha N, Drummond MB, Wise RA, Hansel NN. Comorbidities and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Prevalence, Influence on Outcomes, and Management. *Semin Respir Crit Care Med*. 2015;36(4):575–591. doi:10.1055/s-0035-1556063.
18. Katajisto M, Kupiainen H, Rantanen P, et al. Physical inactivity in COPD and increased patient perception of dyspnea. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2012;7:743–755. doi:10.2147/COPD.S35497.
19. Crook S, Büsching G, Keusch S, et al. The association between daily exacerbation symptoms and physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:2199–2206. Published 2018 Jul 18. doi:10.2147/COPD.S156986.
20. O'Donnell DE, Hernandez P, Kaplan A, et al. Canadian Thoracic Society recommendations for management of chronic obstructive pulmonary disease – 2008 update – highlights for primary care. *Can Respir J*. 2008;15(Suppl A):1A–8A.
21. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of COPD [Accessed April 13, 2019].

22. Jenkins C. Drugs for chronic obstructive pulmonary disease. *Aust Prescr.* 2017;40(1):15–19. doi:10.18773/austprescr.2017.003.
23. Pavord ID, Jones PW, Burgel PR, Rabe KF. Exacerbations of COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016;11 Spec Iss(Spec Iss):21–30. Published 2016 Feb 19. doi:10.2147/COPD.S85978.
24. Bafadhel M, McKenna S, Terry S, et al. Acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: identification of biologic clusters and their biomarkers. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;184(6):662–671.
25. Mantero M, Rogliani P, Di Pasquale M, et al. Acute exacerbations of COPD: risk factors for failure and relapse. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2017;12:2687–2693. Published 2017 Sep 8. doi:10.2147/COPD.S145253.
26. Li J, Sun S, Tang R, et al. Major air pollutants and risk of COPD exacerbations: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016;11:3079–3091. Published 2016 Dec 12. doi:10.2147/COPD.S122282.
27. Walker PP, Pompilio PP, Zanaboni P, et al. Telemonitoring in COPD: the CHROMED study, a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018 Mar 20; Epub.
28. Esteban C, Moraza J, Iriberrí M, et al. Outcomes of a telemonitoring-based program (telEPOC) in frequently hospitalized COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016;11:2919–2930.
29. Kruse C, Pesek B, Anderson M, Brennan K, Comfort H Telemonitoring to Manage Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Literature Review *JMIR Med Inform* 2019;7(1):e11496 DOI: 10.2196/11496.
30. Finkelstein J, Khare R, Vora D. Home Automated Telemanagement (HAT) system to facilitate self care of patients with chronic diseases. *J Syst Cybern Inform.* 2003;1(3):78–82.
31. Smith B, Appleton S, Adams R, Southcott A, Ruffin R. Home care by outreach nursing for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;(3): CD000994.
32. L. Huniche, B. Dinesen, O. Grann, E. Toft, and C. Nielsen, "Empowering patients with COPD using tele-homecare technology," *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 155, pp. 48-54, 2010.
33. Kuilboer Manon M, Van Wijk Marc A M, Mosseveld Mees, Van Der Does Emiel, Ponsioen Ben P, De Jongste Johan C, Overbeek Shelley E, Van Der Lei Johan. Feasibility of AsthmaCritic, a decision-support system for asthma and COPD which generates patient-specific feedback on routinely recorded data in general practice. *Fam Pract.* 2002 Oct;19(5):442–7. doi: 10.1093/fampra/19.5.
34. Udsen FW, Lilholt PH, Hejlesen O, et al. Effectiveness and costeffectiveness of telehealthcare for chronic obstructive pulmonary disease: study proto.
35. Blumenthal JA, Emery CF, Smith PJ, et al. The effects of a telehealth coping skills intervention on outcomes in chronic obstructive pulmonary disease: primary results from the INSPIRE-II study. *Psychosom Med.* 2014;76(8):581–592. doi:10.1097/PSY.000000000000101.
36. Trappenburg JCA, Niesink A, de Weert-van Oene GH, van der Zeijden H, van Snippenburg R, Peters A, et al. Effects of telemonitoring in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Telemed J E Health* 2008;14:138-46.
37. Yanez, A.M.; Guerrero, D.; Perez de Alejo, R.; Garcia-Rio, F.; Alvarez-Sala, J.L.; Calle-Rubio, M.; de Malo Molina, R.; Valle Falcones, M.; Ussetti, P.; Sauleda, J.; et al. Monitoring breathing rate at home allows early identification of COPD exacerbations. *Chest* 2012, 142, 1524–1529.
38. Martin-Lesende, I.; Orruno, E.; Bilbao, A.; Vergara, I.; Cairo, M.C.; Bayon, J.C.; Reviriego, E.; Romo, M.I.; Larrañaga, J.; Asua, J.; et al. Impact of telemonitoring home care patients with heart failure or chronic lung disease from primary care on healthcare resource use (the TELBIL study randomised controlled trial). *BMC Health Serv. Res.* 2013, 13, 118.
39. Segrelles Calvo, G.; Gomez-Suarez, C.; Soriano, J.B.; Zamora, E.; Gonzalez-Gamarra, A.; Gonzalez-Bejar, M.; Jordán, A.; Tadeo, E.; Sebastián, A.; Fernández, G.; et al. A home telehealth program for patients with severe COPD: The PROMETE study. *Respir. Med.* 2014, 108, 453–462.
40. Hamad, G.A.; Nrook, M.; Morice, A.H. The value of telehealth in the early detection of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations: A prospective observational study. *Health Inform. J.* 2016, 22, 406–413.
41. Hurst, J.R.; Donaldson, G.C.; Quint, J.K.; Goldring, J.J.P.; Patel, A.R.C.; Wedzicha, J.A. Domiciliary pulse-oximetry at exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: Prospective pilot study. *BMC Pulm. Med.* 2010, 10, 52.
42. Burton, C.; Pinnock, H.; McKinstry, B. Changes in telemonitored physiological variables and symptoms prior to, exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *J. Telemed. Telecare* 2015, 21, 29–36.
43. Fernandez-Granero, M.A.; Sanchez-Morillo, D.; Leon-Jimenez, A. Computerised Analysis of Telemonitored Respiratory Sounds for Predicting Acute Exacerbations of COPD. *Sensors* 2015, 15, 26978–26996.
44. Haesum LK , Soerensen N , Dinesen B , et al . Cost-utility analysis of a telerehabilitation program: a case study of COPD patients. *Telemed J E Health* 2012;18:688–92.doi:10.1089/tmj.2011.0250

45. Demeyer H, Louvaris Z, Frei A on behalf of the Mr Papp PROactive study group and the PROactive consortium, et al Physical activity is increased by a 12-week semiautomated telecoaching programme in patients with COPD: a multicentre randomised controlled trial. *Thorax* 2017;72:415-423.
46. Franke KJ, Domanski U, Schroeder M, et al. Telemonitoring of home exercise cycle training in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:2821–2829. Published 2016 Nov 11. doi:10.2147/COPD.S114181
47. Magzamen S, Oron AP, Locke ER, et al. Association of ambient pollution with inhaler use among patients with COPD: a panel study *Occup Environ Med* 2018;75:382-388.
48. Jehn M, Donaldson G, Kiran B, et al. Tele-monitoring reduces exacerbation of COPD in the context of climate change—a randomized controlled trial. *Environ Health* 2013;12:99.
49. Synergy-COPD: Modelling and simulation environment for systems medicine: Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) as a use case., FP7-ICT-270086 2011-2014.
50. B. M. Charfeddine, Moez, "Integrated agent-oriented modeling and simulation of population and healthcare delivery network: application to COPD chronic disease in a Canadian region," in *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2010 Winter*, 2010, pp. 2327-2339.
51. Sadatsafavi, M., Ghanbarian, S., Adibi, A., Johnson, K., FitzGerald, J. M., Flanagan, W., ... Sin, D. (2019). Development and Validation of the Evaluation Platform in COPD (EPIC): A Population-Based Outcomes Model of COPD for Canada. *Medical Decision Making*, 39(2), 152–167. <https://doi.org/10.1177/0272989X18824098>
52. McFadden R. The National Respiratory Research Strategy--a key Canadian Thoracic Society priority. *Can Respir J*. 2012;19(6):351–352. doi:10.1155/2012/725109.
53. Shankari Bhattacharyya, RA.K Saravanaguru, and Arunkumar Thangavelu. Context Aware Health Care Application. School of Computing Science and Engineering, VIT University, Vellore-632014,Tamilnadu India, Vol 2, No 2 (April 2011).
54. Bricon-Souf N, Newman CR:Context awareness in health care: a review. *Int J Med Informat*. 2007, 76: 2-12. 10.1016/j.ijmedinf.2006.01.003.
55. Chapko, Alexandra & Feodoroff, Boris & Werth, Dirk & Loos, Peter. (2013). A Personalized and Context-Aware Mobile Assistance System for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Lebensqualität im Wandel von Demografie und Technik*. 10.1007/978-3-642-37988-8_11.
56. Hernandez LM, Blazer DG. The impact of social and cultural environment on health. In: Hernandez LM, Blazer DG, editors. *Genes, behavior and the social environment: moving beyond the nature/nurture debate*. Washington, DC: National Academies Press; 2006.
57. Bayliss EA, Bonds DE, Boyd CM, et al. Understanding the context of health for persons with multiple chronic conditions: moving from what is the matter to what matters. *Ann Fam Med*. 2014;12(3):260–269. doi:10.1370/afm.1643.
58. McRobert, A. P., Causer, J., Vassiliadis, J., Watterson, L., Kwan, J., and Williams, A. M. (2013). Contextual information influences diagnosis accuracy and decision making in simulated emergency medicine emergencies. *BMJ Qual. Saf.* 22, 478–484. doi: 10.1136/bmjqs-2012-000972.
59. Postma DS, Bush A, van den Berge M. Risk factors and early origins of chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet*. 2008;385(9971):899-909.
60. Martinez FD. The origins of asthma and chronic obstructive pulmonary disease in early life. *Proc Am Thorac Soc*. 2009;6(3):272-277.
61. zzati M. Indoor air pollution and health in developing countries. *Lancet* 2005;366(9480):104-6.
62. Fullerton, D.G.; Suseno, A.; Semple, S.; Kalambo, F.; Malamba, R.; White, S.; Jack, S.; Calverley, P.M.; Gordon, S.B. Wood smoke exposure, poverty and impaired lung function in Malawian adults. *Int. J. Tubercul. Lung Dis*. 2011, 15, 391–398.
63. Kirkpatrick P, Dransfield MT. Racial and sex differences in chronic obstructive pulmonary disease susceptibility, diagnosis, and treatment. *Curr Opin Pulm Med* 2009;15:100–104.
64. Nicolas RocheEmail author, Gaetan Deslée, Denis Caillaud, Graziella Brinchault, Isabelle Court-Fortune, Pascale Nesme-Meyer. Impact of gender on COPD expression in a real-life cohort. *Respiratory Research* 2014 DOI: 10.1186/1465-9921-15-20.
65. Kaptein, A. A. & Dekker, F. W. Psychosocial support. *Eur Respir Monogr*, 13, 58-69, 2000.
66. Kida, K., Jinno, S., Nomura, K., Yamada, K., Katsura, H., & Kudoh, S. Pulmonary rehabilitation program survey in North America, Europe, and Tokyo, 1998.
67. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. 978 92 890 0213 4, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark (2010)
68. Boschetto P, Quintavalle S, Miotto D, Lo Cascio N, Zeni E, Mapp CE. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and occupational exposures. *J Occup Med Toxicol*. 2006;1:11. Published 2006 Jun 7. doi:10.1186/1745-6673-1-11
69. Pumar MI, Gray CR, Walsh JR, Yang IA, Rolls TA, Ward DL. Anxiety and depression-Important psychological comorbidities of COPD. *J Thorac Dis*. 2014;6(11):1615–1631. doi:10.3978/j.issn.2072-1439.2014.09.28.

70. Osman S, Ziegler C, Gibson R, Mahmood R, Moraros J. The Association between Risk Factors and Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Canada: A Cross-sectional Study Using the 2014 Canadian Community Health Survey. *Int J Prev Med*. 2017;8:86. Published 2017 Oct 24. doi:10.4103/ijpvm.IJPVM_330_17.
71. A. Guillien, M. Puyraveau, T. Soumagne, S. Guillot, F. Rannou, D. Marquette, P. Berger, S. Jouneau, E. Monnet, F. Mauny, J.J. Laplante. Prevalence and risk factors for COPD in farmers: a cross-sectional controlled study. *Eur. Respir. J.*, 47 (1) (2016 Jan 1), pp. 95-103, 10.1183/13993003.00153-2015
72. Roche N, Deslée G, Caillaud D, et al. Impact of gender on COPD expression in a real-life cohort. *Respir Res*. 2014;15(1):20. Published 2014 Feb 17. doi:10.1186/1465-9921-15-20.
73. Holm KE, Plaufcan MR, Ford DW, et al. The impact of age on outcomes in chronic obstructive pulmonary disease differs by relationship status, *J Behav Med*, 2013 May 4. doi: 10.1007/s10865-013-9516-7.
74. N. Lasier, A. Alesanco, S. Guillén, J. García, "A three stage ontology-driven solution to provide personalized care to chronic patients at home", *J. Biomed. Inform.*, vol. 46, pp. 516-529, 2013.
75. Paganelli, Federica & Giuli, Dino. (2011). An Ontology-Based System for Context-Aware and Configurable Services to Support Home-Based Continuous Care.. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 15. 324-333.
76. Mcheick, H.; Saleh, L.; Ajami, H.; Mili, H. Context Relevant Prediction Model for COPD Domain Using Bayesian Belief Network. *Sensors* 2017, 17, 1486.
77. J. Ryu, J. Kim, K. Chung, K. Rim and J. Lee, "Ontology Based Context Information Model for u-Healthcare Service," 2011 International Conference on Information Science and Applications, Jeju Island, 2011, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICISA.2011.5772429.
78. Schneider L. and Brochhausen M. (2011). "The CHRONIOUS Ontology Suite: Methodology and Design Principles". In Smith Barry et al. (eds.): *Proceedings of the International Conference on Biomedical Ontologies (ICBO 2011)*, SUNY University Buffalo, Buffalo/NY, 2011, 167-173.
79. Kiefer S. Schneider L. Rauch J. Albertoni R. et al. (2011). "An Ontology-Driven Search Module for Accessing Chronic Pathology Literature". In: Meersman R., Dillon T., Herrero P. (eds.): *OTM 2011 Workshops*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, LNCS 7046 (2011), 382-391.
80. R. Rosso, G. Munaro, O. Salvetti, S. Colantonio and F. Ciancetto, "CHRONIOUS: An open, ubiquitous and adaptive chronic disease management platform for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD), Chronic Kidney Disease (CKD) and renal insufficiency," 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology, Buenos Aires, 2010, pp. 6850-6853. doi: 10.1109/IEMBS.2010.5626451
81. Cocos, C. Design Principles of the ACGT Master Ontology: Examples and Discussion. Saarbrücken: Institute for Formal Ontology and Medical Information Science; 2008 [cited 2011 Jun 5]. Available from: [http://www.ifomis.org/wiki/ACGT_Master_Ontology_\(MO\)](http://www.ifomis.org/wiki/ACGT_Master_Ontology_(MO))
82. Brochhausen M, Spear AD, Cocos C, Weiler G, Martin L, Anguita A, et al. The ACGT Master Ontology and Its Applications - Towards an OntologyDriven Cancer Research and Management System. *J Biomed Inform*. 2011; 44: 8-25.
83. Spear, A. Ontology for the Twenty First Century: An Introduction with Recommendations. Saarbrücken: Institute for Formal Ontology and Medical Information Science; 2006 [cited 2011 Jun 5]. Available from: <http://www.ifomis.org/bfo/documents/manual.pdf> 9 http://www.obofoundry.org/cgi-bin/detail.cgi?id=information_artifact
84. Rosse C, Mejino JVL. A reference ontology for biomedical informatics: the Foundational Model of Anatomy. *J Biomed Inform*. 2003; 36: 478-500.
85. Wieringa W., op den Akker H., Jones V.M., op den Akker R., Hermens H.J. (2011) Ontology-Based Generation of Dynamic Feedback on Physical Activity. In: Peleg M., Lavrač N., Combi C. (eds) *Artificial Intelligence in Medicine. AIME 2011. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6747. Springer, Berlin, Heidelberg.
86. Song B, Wolf K-H, Gietzelt M, Al Scharaa O, Tegtbu U, Haux R, Marscholke M. Decision Support for Teletraining of COPD Patients. *Methods Inf Med* 2010; 49 (01) 96-102.
87. Kim, Jong-Hun and Kyung-Yong Chung. "Ontology-based healthcare context information model to implement ubiquitous environment." *Multimedia Tools and Applications* 71 (2011): 873-888.
88. D. Riaño, F. Real, J.A. López-Vallverdú, F. Campana, S. Ercolani, P. Mecocci, et al. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients. *J Biomed Inform*, 45 (3) (2012), pp. 429-446.
89. Tao, X. (2013). *The Context-aware Middleware in Ambient Intelligence*. Lyon, Ecole Centrale de Lyon, LIRIS, France. 206.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE II

1. Dey, A., Abowd, G., and Salber D., "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*", 2000.
2. Nathalie Bricon-Souf, Conrad R. Newman. "Context awareness in health care: A review". Centre d'Etude et de Recherche en Informatique Medicale, Université de Lille. Elsevier Ireland 2006.
3. Ademola Philip Abidoy, Nureni Ayofe Azeez, Ademola Olusola Adesina, Kehinde K. Agbele, Henry O. Nyongesa." Using Wearable Sensors for Remote Healthcare Monitoring System" . *Journal of Sensor Technology*, 2011.
4. Dong-Oh Kang, Kyuchang Kang, Hyung-Jik Lee, Eun-Jung Ko, Jeunwoo Lee." A Context Aware Framework for u-Healthcare in a Wearable System" Post-PC Research Group, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, Korea. Springer 2007.
5. Hamid Mcheick."Modeling Context Aware Features for Pervasive Computing" The 5th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks. Elsevier 2014.
6. Giuseppe Boriani¹, MD, PhD; Antoine Da Costa². "The MONitoring Resynchronization dEVICES and CARdiac patiEnts (MORE-CARE) Randomized Controlled Trial: Phase 1 Results on Dynamics of Early Intervention With Remote Monitoring". *JMIR Publications* 2013.
7. Georgi Graschew and Stefan Rakowsky."Telemedicine techniques and applicationsS".Published by InTech 2011.
8. Shyamal Patel, Hyung Park,³ Paolo Bonato, Leighton Chan, and Mary Rodgerscorresponding author."A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation".U.S. National Library of Medicine 2012.
9. Kathy Bonewit-West,"Today's Medical Assistant: Clinical & Administrative Procedures, 2e 2nd Edition" Vital Signs Elsevier2012
10. American heart association: <http://www.heart.org/> last accessed, November 2015.
11. Lee VJ¹, Wong CS, Tambyah PA, Cutter J, Chen MI, Goh KT."Twentieth century influenza pandemics in Singapore." *Ann Acad Med Singapore*. 2008 Jun;³⁷(6):470-6.
12. Schilit, B., Theimer, M. Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. *IEEE Network*, 8(5) (1994) .
13. Xin Li, Martina Eckert, José-Fernán Martínez and Gregorio Rubio."Context Aware Middleware Architectures: Survey and Challenges" *journal Sensors*, 2015.
14. Strang, T. and Linnhoff-Popien C. (2004) A Context Modelling Survey. Paper presented at the UbiComp Workshop – First International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management 2004.
15. Bettini, C., Brdiczka, O., Henricksen, K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan, A., Riboni, D.: A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive Mob. Comput.* 6(2), 161–180 (Apr 2010)
16. Asad Masood Khattak , Noman Akbar , Mohammad Aazam , Taqdir Ali,Adil Mehmood Khan ,*, Seokhee Jeon , Myungwon Hwang and Sungyoung Lee."Context Representation and Fusion: Advancements and Opportunities" *journal of sensors* 25 January 2014.
17. Christian hoareau "A model checking based framework for building correct context aware systems" PHD, SOKENDAI university, 2009.
18. Roland Reichle, Michael Wagner,Mohamma ., A Comprehensive Context Modeling Frameworkfor Pervasive Computing Systems"Conference: Distributed Applications and Interoperable Systems, 8th IFIP WG 6.1 International Conference, DAIS 2008, Oslo, Norway, June 4-6, 2008.
19. Nicholas A. Bradley and Mark D. Dunlop."Towards a MultidisciplinaryModel of Context to SupportContext-Aware Computing" 2005, Volume 20, pp. 403–446.
20. S. Sridevi, Bhattacharya Sayantani, K. Pal Amutha "Context Aware Health Monitoring System", springer, 2010.
21. A. Wood, J. Stankovic, G. Virone, L. Selavo, Z. He, Q. Cao, T. Doan, Y. Wu, L. Fang, R. Stoleru "Context-Aware Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring", university of vierginia, 2008.

22. Sielis, A. G., Mettouris, C., Tzanavari, A. idSpace D3.3 – Definition and implementation of context awareness, v2. jan 2010,
23. Max Muhlhauser & Iryna Gurevych (Author), Max Muhlhauser , Iryna Gurevych. "Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises". Publisher: Information Science Reference; 1 edition (January 17, 2008).
24. George A. Tsihrintzis, Virvou, Lakhmi C. Jain, and Robert J. Howlett. "Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services" 2010.
25. Berufsakademie Mannheim "Information Technology International, Object Oriented Programming", November 2001–February 2002.
26. R. Studer, R. Benjamins, and D. Fensel. Knowledge engineering: Principles and methods. Data & Knowledge Engineering, 25(1–2):161–198, 1998.
27. Yoosoo Oh, Woontack Woo, User Centric integration of context for a unified context-aware application model. joint sOc-EUSAI conference 2005.
28. Mahmoud ElGammal, "Chemistry-inspired, Context-Aware, and Autonomic Management System for Networked Objects", The Seventh International Conference on Future Computational Technologies and Applications, 2015.
29. F. paganelli and D.giuli, "Context aware information services to support tourist communities" Electronics and Telecommunications Department, University of Florence, Florence, Italy 2006.
30. Hector Fernandez; IRISA, Univ. of Rennes 1, Rennes, France, "A Chemistry-Inspired Workflow Management System for Scientific Applications in Clouds" IEEE, E-Science (e-Science), 2011.
31. Chaari, T., Laforest, F. and Flory A. Adaptation des applications au contexte en utilisant les services web. In Proceedings of the 2th French Speaking Conference on Mobility and Ubiquity Computing, pp.111-118. 2005. ACM.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE III

1. Arianit Kurti. "Exploring the multiple dimensions of context:" PHD thesis, Växjö University Press, 2009.
2. Gaëtan Rey, Joëlle Coutaz. The Contextor Infrastructure for Context-Aware Computing. Engineering HCI research group, CLIPS IMAG, Grenoble, France June 2004.
3. Nathalie Bricon-Souf, Conrad R. Newman. "Context awareness in health care: A review". Centre d'Etude et de Recherche en Informatique Medicale, Université de Lille. Elsevier Ireland 2006.
4. Dey, A., Abowd, G., and Salber D., "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. Human-Computer Interaction", 2000.
5. Winograd, T. Interaction spaces for 21st century computing, in Carroll, J. (Ed.), Human-Computer Interaction in the New Millennium, 2001.
6. Schilit, B. Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. IEEE Network, 8(5). 1994.
7. Ryan, N. Enhanced Reality Fieldwork: the Context-Aware Archaeological Assistant. Gaffney, V., van Leusen, M., Exxon, S. (eds.) Computer Applications in Archaeology (1997) 23.
8. Hull, R., Neaves, P., Bedford-Roberts, J. Towards Situated Computing. 1st International Symposium on Wearable Computers (1997) 146-153.
9. Pascoe, J. Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers. 2nd International Symposium on Wearable Computers (1998) 92-99.
10. Franklin, D., Flaschbart, J. All Gadget and No Representation Makes Jack a Dull Environment. AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments, Technical Report SS-98-02 (1998) 155-160.
11. Dey, A.K., Abowd, G.D., Wood, A. CyberDesk: A Framework for Providing Self-Integrating Context-Aware Services. Knowledge-Based Systems, 11 (1999) 3-13.
12. Chen, G., & Kotz, D. A survey of context-aware mobile computing research (Vol. 1, No. 2.1, pp. 2-1). Technical Report TR2000-381, Department of Computer Science, Dartmouth College (2000).
13. D. Petrelli, E. "Modeling Context is Like Taking Pictures." CHI2000 Workshop, 2000.
14. J.Gwizdka. "What's in the Context." CHI2000 Workshop (2000).

15. Klemke, R. Context Framework - An Open Approach to Enhance Organisational Memory Systems with Context Modelling Techniques. In *Proceedings of the International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management - PAKM 2000* (Oct. 30-31, Basel, Switzerland). 2000.
16. Gross, T. and Specht M. Awareness in context-aware information systems. *Tagungsband der 1. Fachübergreifenden Konferenz "Mensch & Computer"*, Bonn, Germany (2001).
17. Hofer, T. "Context-awareness on mobile devices – the hydrogen approach," *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp.292–302. (2002).
18. Aaltonen, Antti. "A Context Visualization Model for Wearable Computers." *SEMWEB* (2002).
19. Henricksen, K. A Framework for Context-Aware Pervasive Computing Applications. Ph.D. Thesis, University of Queensland, Queensland, Queensland. 2003.
20. Prekop, P., & Burnett, M. Activities, context and ubiquitous computing. *Computer Communications*, 26(11), 1168–1176 (2003).
21. Mayrhofer, R. "An Architecture for Context Prediction". PhD thesis, Johannes Kepler University of Linz, Austria, October 2004.
22. Wang, X.H., J.S. Dong, C.Y. Chin and S.R. Hettiarachchi, 2004. Semantic Space: An Infrastructure for Smart Spaces. *IEEE Pervasive Computing*, 3 (2): 32-39, July-Sept. 2004.
23. Chen H., Finin T., Joshi A. "An Ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments" *Knowledge Engineering Review*, vol. 18, num. 3, 2004, p. 197–207, Cambridge University Press.
24. Brézillon, P. Learning and explanation in a context-based representation: Application to incident solving on subway lines. In: R. Jain, A. Abraham, C. Faucher and J. van der Zwaag (Eds.) *Innovations in Knowledge Engineering*. International Series on Advanced Intelligence. 2004.
25. Van Bunningen, A. H., Feng, L., & Apers, P. M. (2005, April). Context for ubiquitous data management. In *Ubiquitous Data Management, 2005. UDM 2005. International Workshop on IEEE* (pp. 17–24).
26. Chaari, T., Laforest, F., & Celantano, A.. Design of context-aware applications based on web services. Technical report, LIRIS UMR 5205 CNRS/INSA de Lyon/Université Claude Bernard. (2004).
27. Chen F. J., Warden A. C., & Chang H. T. Motivators that do not motivate: The case of Chinese EFL learners and the influence of culture on motivation. *TESOL Quarterly*, 39(4), 609-33. (2005).
28. Razzaque, M.A., Dobson, S., & Nixon, P. Categorization and modeling of quality in context information. In *Proceedings of the IJCAI 2005. Workshop on AI and autonomic communications*. Edinburgh. Scotland.
29. Y. Miao, X. Tao, Z. Shen, Z. Liu, and C. Miao. The equivalence of cognitive map, fuzzy cognitive map and multi value fuzzy cognitive map. In *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 2006.
30. Guan, J., Xiang, P., McBride, R., & Bruene, A. Achievement goals, social goals and students' reported persistence and effort in high school PE. *2006 Journal of Teaching in PE*, 25, 58-74.
31. S. K. Chong. "Context aware sensors and data muling," in *Context awareness for selfmanaging systems (devices, applications and networks) proceeding*. Berlin : VDE-Verlag, 2007, pp. 103–117.
32. Zimmerman, A., Lorenz, A. & Oppermann, R., 2007. An Operational Definition of Context. In: *Lecture Notes in Computer Science*. s.l.:Springer-Verlag Berlin, pp. 558- 571.
33. M. Miraoui, C. Tadj, and C. b. Amar, "Architectural survey of context-aware systems in pervasive computing environment," *Ubiquitous Computing and Communication Journal*, vol. 3, 2008.
34. Kurti, A. Exploring the multiple dimensions of context: Implications for the design and development of innovative technology-enhanced learning environments. Stockholm University, May 28, 2009.
35. Soylu, A.; De Causmaecker, P. & Desmet, P. (2009). Context and Adaptivity in Pervasive Engineering, *Journal of Software*, Vol.4, No.9, (November, 2009), pp.992-1013, ISSN 1796-217X.
36. G. Jun-zhong, "Context aware computing," *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, vol. 5, pp. 1–20, 2009.
37. Tamine-Lechani L, Boughanem M, Daoud M (2010) Evaluation of contextual information retrieval effectiveness: overview of issues and research. *Knowl Inf Syst* 24(1):1–34
38. S. Rizou. "A system for distributed context reasoning," in *Autonomic and Autonomous Systems (ICAS)*, 2010 Sixth International Conference on, march 2010, pp. 84 –89.

39. Nageba, E. A Model Driven Ontology-based Architecture for Supporting the Quality of Services in Pervasive Telemedicine Applications. Proceedings the 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, London UK, IEEE Computer Society, pp. 1-8, Apr 2009
40. S. Kim. Smart learning services based on smart cloud computing. *Sensors* 11(8), 7835–7850 (2011).
41. Bin Guo. the Internet of Things to Embedded Intelligence. *World Wide Web* 16, 4 (2013), 399–420.
42. D. Boughareb, N. Farah, Context in information retrieval, International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), 3-5 Nov. 2014, pp. 589 - 594, Metz, France.
43. Darine AMEYED. Modélisation et spécification formelle de contexte et sa prédiction dans les systèmes diffus . PHD thesis. L'École de technologie supérieure (ETS) 2016.
44. Bernd Niklas Klein. On the importance of time synchronization for context aware applications. PHD thesis, Kassel University Press 2011.
45. J. Bardram, Applications of Context-Aware Computing in Hospital Work, In Proceedings of 2004 ACM Symposium on Applied Computing, pp. 1574 – 1579, ACM Press, 2004.
46. Levandoski, J., Sarwat, M., Eldawy, A., Mokbel, M.: LARS: a location-aware recommender system. In: ICDE, pp. 450–461 (2012).
47. Albrecht Schmidt, Michael Beigl, Hans-Gellersen. There is more to context than location. *Elsevier Computers & Graphics Volume 23, Issue 6, December 1999, Pages 893-901.*
48. COPD Prevalence in 12 Asia-Pacific Countries and regions: Projections based on the COPD prevalence estimation model. Regional COPD Working Group. *Respirology* 2003;8:192-8.
49. Kirkpatrick P, Dransfield MT. Racial and sex differences in chronic obstructive pulmonary disease susceptibility, diagnosis, and treatment. *Curr Opin Pulm Med* 2009;15:100–104
50. Nicolas Roche. Impact of gender on COPD expression in a real-life cohort. *Respiratory Research* 2014 DOI: 10.1186/1465-9921-15-20.
51. X. Xu, J. Tang, X. Zhang, X. Liu, H. Zhang, and Y. Qiu, “Exploring techniques for vision based human activity recognition: Methods, systems, and evaluation,” *Sensors*, vol. 13, no. 2, pp. 1635–1650, 2013.
52. M. Charfeddine. Integrated agent-oriented modeling and simulation of population and healthcare delivery network, in Proc. Winter Simul. Conf., Baltimore, MD, 2010, pp. 2327–2339.
53. Ajami Hicham, Mcheick Hamid et Elkhaled Zayan. Survey of health care context models : prototyping of healthcare context framework. Dans : Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'16) , July 24–27, 2016, Montreal, Quebec.
54. Kawazoe, Y. & Ohe, K. An ontology-based mediator of clinical information for decision support systems: A prototype of a clinical alert system for prescription. *Meth. Inf. Med.*, 2008, 47(6), 549-59.
55. Jaydip Sen, Arijit Ukil, A QoS-aware end-to-end connectivity management algorithm for mobile applications, Proceedings of the Third Annual ACM Bangalore Conference, p.1-9, January 22-23, 2010, Bangalore, India.
56. N. Lasier, “A three stage ontology-driven solution to provide personalized care to chronic patients at home”. *Journal of biomedical informatics*, vol. 46, 2013, pp 516-52.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE IV

1. GOLD. Available online: www.goldcopd.org (accessed on 15 July 2018).
2. [Guideline] Global Strategy for Diagnosis, Management, and Prevention of COPD: 2016. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Available online: <https://goldcopd.org/global-strategy-diagnosis-management-prevention-copd-2016> (accessed on 10 July 2018).
3. Burden of COPD. Available online: www.who.int/respiratory/copd/burden (accessed on 15 July 2018).
4. Chronic respiratory diseases. Available online: www.who.int/respiratory (accessed on 15 July 2018).

5. [Guideline] Institute for Clinical Systems Improvement. Diagnosis and Management of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). 10th Edition. January 2016. Available online: https://www.icsi.org/guidelines__more/catalog_guidelines_and_more/catalog_guidelines/catalog_respiratory_guidelines/copd/ (accessed on 20 April 2018).
6. Chronic Respiratory Diseases: Chronic Disease Epidemics . Available online: www.who.int/gard/publications/chronic_respiratory_diseases.pdf (accessed on 1 April 2018).
7. Badr, H.; Federman, A.D.; Wolf, M.; Revenson, T.A.; Wisnivesky, J.P. Depression in individuals with chronic obstructive pulmonary disease and their informal caregivers. *Aging Ment. Health* 2017, 21, 975–982.
8. Rospocher, M.; Ghidini, C.; Serafini, L. An ontology for the Business Process Modelling Notation. *Front. Artif. Intell. Appl.* 2014, 267, 133–146.
9. Blanc, P.D.; Iribarren, C.; Trupin, L.; Earnest, G.; Katz, P.P.; Balmes, J.; Sidney, S.; Eisner, M.D. Occupational exposures and the risk of COPD: Dusty trades revisited. *Thorax* 2009, 64, 6–12.
10. Vanfleteren, L.E.; Franssen, F.M.; Wesseling, G.; Wouters, E.F. The prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in Maastricht, The Netherlands. *Respir. Med.* 2012, 106, 871–874.
11. Feshchenko, Y.; Iashyna, L.; Nugmanova, D.; Gyrina, O.; Polianska, M.; Markov, A.; Moibenko, M.; Makarova, J.; Tariq, L.; Pereira, M.H. Chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma and allergic rhinitis in the adult population within the commonwealth of independent states: Rationale and design of the CORE study. *BMC Pulm. Med.* 2017, 17, 131.
12. Janssen, D.J.; Spruit, M.A.; Leue, C.; Gijssen, C.; Hameleers, H.; Schols, J.M.; Wouters, E.F. Symptoms of anxiety and depression in COPD patients entering pulmonary rehabilitation. *Chronic Respir. Dis.* 2010; 7, 147–157.
13. Ferrari, R.; Tanni, S.E.; Caram, L.M.; Corrêa, C.; Corrêa, C.R.; Godoy, I. Three-year follow-up of Interleukin 6 and C-reactive protein in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir. Res.* 2013, 14, doi:10.1186/1465-9921-14-24.
14. National Center for Injury Prevention and Control. Web-Based Injury Statistics Query and Reporting System (WISQARS). Leading Causes of Death Report, 2015. Available online: <https://webappa.cdc.gov/sasweb/ncipc/leadcause.html> (accessed on 10 October 2017).
15. Sulaiman, I.; Cushen, B.; Greene, G.; Seheult, J.; Seow, D.; Rawat, F.; MacHale, E.; Mokoka, M.; Moran, C.N.; Sartini Bhreathnach, A. Objective Assessment of Adherence to Inhalers by COPD Patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2017, 195, 1333–1343.
16. Martínez-Rivera, C.; Vennera Mdel, C.; Cañete, C.; Bardagí, S.; Picado, C. Psychological profile of patients with bronchial asthma and functional dyspnea: A comparison with a non-asthmatic population and impact on the disease. *Arch. Bronconeumol.* 2011; 47:73–78.
17. Wu, W.H.; Batalin, M.A.; Au, L.K.; Bui, A.A.; Kaiser, W.J. Context-aware sensing of physiological signals. In Proceedings of the 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Lyon, France, 22–26 August 2007; pp. 5271–5275.
18. Bricon-Souf, N.; Newman, C.R. Context awareness in health care: A review. *Int. J. Med. Inform.* 2007, 76, 2–12, doi:10.1016/j.ijmedinf.2006.01.003.
19. Trappenburg, J.C.; Niesink, A.; de Weert-van Oene, G.H.; van der Zeijden, H.; van Snippenburg, R.; Peters, A.; Lammers, J.-W.J.; Schrijvers, A.J. Effects of telemonitoring in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Telemed.J. e-Health* 2008, 14, 138–146.
20. Kuilboer, M.M.; Van Wijk, M.A.; Mosseveld, M.; Van Der Does, E.; De Jongste, J.C.; Overbeek, S.E.; Ponsioen, B.; Van der Lei, J. Computed critiquing integrated into daily clinical practice affects physicians' behavior—A randomized clinical trial with AsthmaCritic. *Methods Inf. Med.* 2006, 45, 447–454.
21. Mohktar, M.S.; Basilakis, J.; Redmond, S.J.; Lovell, N.H. A guideline-based decision support system for generating referral recommendations from routinely recorded home telehealth measurement data. In Proceedings of the 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology, Buenos Aires, Argentina, 31 August–4 September 2010; pp. 6166–6169.

22. Rosso, R.; Munaro, G.; Salvetti, O.; Colantonio, S.; Ciancetto, F. CHRONIOUS: An open, ubiquitous and adaptive chronic disease management platform for chronic obstructive pulmonary disease (COPD), chronic kidney disease (CKD) and renal insufficiency. In *Proceedings of the 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, Buenos Aires, Argentina, 31 August–4 September 2010; pp. 6850–6853.
23. Song, B.; Wolf, K.-H.; Gietzelt, M.; Scharaa, O.A.; Tegtbur, U.; Haux, R.; Marschollek, M. Decision support for teletraining of COPD patients. In *Proceedings of the 2009 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, London, UK, 1–3 April 2009; pp. 1–6.
24. Lasiera, N.; Alesanco, A.; Guillén, S.; García, J. A three stage ontology-driven solution to provide personalized care to chronic patients at home. *J. Biomed. Inform.* 2013, 46, 516–529, doi:10.1016/j.jbi.2013.03.006.
25. Ko, E.J.; Lee, H.J.; Lee, J.W. Ontology-based context modeling and reasoning for u-healthcare. *IEICE Trans. Inf. Syst.* 2007, 90, 1262–1270.
26. Paganelli, F.; Giuli, D. Context Aware Information Services to Support Tourist Communities, *Inf. Technol. Tourism* 2018, 10, 313–327.
27. Pitta, F.; Troosters, T.; Probst, V.S.; Spruit, M.A.; Decramer, M.; Gosselink, R. Quantifying Physical Activity in Daily Life with Questionnaires and Motion Sensors in COPD. *Eur. Respir. J.* 2006, 27, 1040–1055.
28. El-Sappagh, S.; Franda, F.; Ali, F.; Kwak, K.S. SNOMED CT standard ontology based on the ontology for general medical science. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2018, 18, 76, doi:10.1186/s12911-018-0651-5.
29. De Meo, P.; Quattrone, G.; Ursino, D. Integration of the HL7 Standard in a Multiagent System to Support Personalized Access to e-Health Services. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 2011, 23, 1244–1260.
30. Bhatt, M.; Rahayu, W.; Soni, S.P.; Wouters, C. Ontology driven semantic profiling and retrieval in medical information systems. *J. Web Semant.* 2009, 7, 317–331.
31. Farfan, F.; Hristidis, V.; Ranganathan, A.; Weiner, M. XOntoRank: Ontology-Aware Search of Electronic Medical Records. In *Proceedings of the 2009 IEEE 25th International Conference on Data Engineering*, Shanghai, China, 29 March–2 April 2009; pp. 820–831.
32. Carey, I.M.; Atkinson, R.W.; Kent, A.J.; van Staa, T.; Cook, D.G.; Anderson, H.R. Mortality associations with long-term exposure to outdoor air pollution in a national English cohort. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013, 187, 1226–33.
33. Centers for Disease Control and Prevention. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). Available online: <http://www.cdc.gov/copd/> (accessed on 30 August 2018).
34. National Heart, Lung, and Blood Institute. COPD Learn More Breathe Better Campaign. Available online: <http://www.nhlbi.nih.gov/health/public/lung/copd/index.htm> (accessed on 30 December 2010).
35. Adeloje, D.; Chua, S.; Lee, C.; Basquill, C.; Papan, A.; Theodoratou, E.; Nair, H.; Gasevic, D.; Sridhar, D.; Campbell, H. Global and regional estimates of COPD prevalence: Systematic review and meta-analysis. *J. Glob. Health* 2015, 5, 020415.
36. Brewster, C.; O'Hara, K.; Fuller, S.; Wilks, Y.; Franconi, E.; Musen, M.A.; Ellman, J.; Shum, S.B. Knowledge representation with ontologies: The present and future. *IEEE Intell. Syst.* 2004, 19, 72–81.
37. Gruber, T.R. A Translation Approach to Portable Ontologies. *Knowl. Acquis.* 1993, 5, 199–220.
38. Borst, W.N.; Akkermans, J.M. Engineering Ontologies. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 1997, 46, 365–406.
39. Studer, R.; Benjamins, R.; Fensel, D. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data Knowl. Eng.* 1998, 25, 161–198.
40. Maedche, A. *Ontology Learning for the Semantic Web*; Kluwer Academic Publishers: Boston, MA, USA, 2002.

41. Falquet, G.; Métral, C.; Teller, J.; Tweed, C. *Ontologies in Urban Development Projects*; Springer: London, UK, 2011; doi:10.1007/978-0-85729-724-2.
42. Mizoguchi, R.; Ikeda, M. *Towards Ontological Engineering (Technical Report AI-TR-96-1)*; ISIR, Osaka University: Osaka, Japan, 1996.
43. Uschold, M.; Gruninger, M. *Ontologies: Principles, methods, and applications*. *Knowl. Eng. Rev.* 1996, 11, 93–155.
44. Guarino, N. Understanding, building and using ontologies. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 1997, 46, 293–310.
45. Van Heijst, G.; Schreiber, A.T.; Wielinga, B.J. Using Explicit Ontologies in KBS Development. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 1997, 46, 183–292.
46. Jurisica, I.; Mylopoulos, J.; Yu, E. Using ontologies for knowledge management: An information systems perspective. In *Proceedings of the 62nd Annual Meeting of the American Society for Information Science (ASIS99)*, Washington, DC, USA, 31 October 31–4 November 1999; pp. 482–496.
47. Sowa, J.F. *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*; Brooks/Cole Publishing Co.: Pacific Grove, CA, USA, 2000.
48. Lassila, O.; McGuinness, D. *The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web*; Technical Report KSL-01-02; Knowledge Systems Laboratory, Stanford University: Stanford, CA, USA, 2001.
49. Fensel, D.; van Harmelen, F. *Towards the Semantic Web: Ontology-Driven Knowledge Management*; Wiley: New York, NY, USA, 2003; pp. 4–5.
50. Ruiz, F.; Hilara, J.R. *Using Ontologies in Software Engineering and Technology Ontologies for Software Engineering and Software Technology*; Springer, Berlin, Germany, 2006; pp. 49–102.
51. Berdier, C. Urban renewal: How to make a comparison between different approaches: Ase studies: France, Italy and Spain. In *Proceedings of the COST C21 Meeting*. Belfast, Northern Ireland, 8–9 May 2006.
52. Obrst, L. Ontological architectures. In *TAO—Theory and Applications of Ontology*; Poli, R., Healy, M., Kameas, A., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2010.
53. Bullinger, A. *Innovation and Ontologies: Structuring the Early Stages of Innovation Management*; Springer Science & Business Media: Berlin, Germany, 2008.
54. Fernández-López, M. Overview of methodologies for building ontologies. In *Proceedings of the Workshop Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends de la Conferencia Internacional Joint Conference for Artificial Intelligence (IJCAI'99)*, Stockholm, Sweden, 2 August 1999.
55. Bautista-Zambrana, M.R. Methodologies to Build Ontologies for Terminological Purposes. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2015, 173, 264–269.
56. Iqbal, R.; Murad, M.A.; Mustapha, A.; Sharef, N.M. An Analysis of Ontology Engineering Methodologies: A Literature Review. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 2013, 6, 2993–3000, doi:10.19026/rjaset.6.3684.
57. Gruninger, M.; Fox, M.S. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In *Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95*, Montreal, QC, Canada, 19–20 August 1995.
58. Sánchez D1, Batet, M. Semantic similarity estimation in the biomedical domain: An ontology-based information-theoretic perspective. *J. Biomed. Inform.* 2011, 44, 749–759, doi:10.1016/j.jbi.2011.03.013.
59. Fernández-López, M.; Gómez-Pérez, A.; Juristo, N. Methontology: From Ontological Art towards Ontological Engineering. In *Proceedings of the Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*, Stanford University, Stanford, CA, USA, 24–26 March 1997; pp. 33–40.
60. Lenat, D.B.; Guha, R.V. *Building Large Knowledge-Based Systems: Representation and Inference in the Cyc Project*, Addison-Wesley: Boston, MA, USA, 1990.

61. Mcheick, H.; Saleh, L.; Ajami, H.; Mili, H. Context Relevant Prediction Model for COPD Domain Using Bayesian Belief Network. *Sensors* 2017, 17, 1486.
62. Slimani, T. A Study Investigating Typical Concepts and Guidelines for Ontology Building. *arXiv* 2015, arXiv:1509.05434.
63. Turpin, B.J.; Weisel, C.P.; Morandi, M.; Colome, S.; Stock, T.; Eisenreich, S.; Buckley, B. Relationships of indoor, outdoor, and personal air (RIOPA): Part II. Analyses of concentrations of particulate matter species. *Res. Rep. Health Eff. Inst.* 2007, 130, 1–77.
64. Ferrari, U.; Exner, T.; Wanka, E.R.; Bergemann, C.; Meyer-Arneke, J.; Hildenbrand, B.; Tufman, A.; Heumann, C.; Huber, R.M. Influence of air pressure, humidity, solar radiation, temperature, and wind speed on ambulatory visits due to chronic obstructive pulmonary disease in Bavaria, Germany. *Int. J. Biometeorol.* 2012, 56, 137–143.
65. Anderson, B.G.; Bell, M.L. Weather-related mortality: How heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology* 2009, 20, 205–213.
66. Braga, A.L.; Zanobetti, A.; Schwartz, J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities. *Environ. Health Perspect.* 2002, 110, 859–863.
67. Alatrish, E.S. Comparison Some of Ontology. *J. Manag. Inf. Syst.* 2013, 8, 18–24.
68. Abburu, S. A Survey on Ontology Reasoners and Comparison. *Int. J. Comput. Appl.* 2012, 57, 975–8887.
69. Yu, J. Requirements-Oriented Methodology for Evaluating Ontologies. Ph.D. Thesis, RMIT University, Melbourne, Victoria, Australia, July 2008.
70. Gómez-Pérez A. (2004) Ontology Evaluation. In: Staab S., Studer R. (eds) *Handbook on Ontologies*. International Handbooks on Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg.
71. Lovrencic, S.; Cubrilo, M. Ontology evaluation – Comprising verification and validation. In *Proceedings of Central European Conference on Information and Intelligent Systems (CECIIS 2008)*, Varazdin, Croatia. 24–26 September 2008,
72. Parsia, B.; Matentzoglou, N.; Gonçalves, R.S.; Glimm, B.; Steigmiller, A. The OWL Reasoner Evaluation (ORE) 2015 Competition Report. *J. Autom. Reason.* 2017; 59, 455-482.
73. Grau, B.; Halaschek-Wiener, C.; Kazakov, Y. History matters: Incremental ontology reasoning using modules. In *The Semantic Web*; Springer: Berlin, Germany, 2007, pp. 183–196.
74. Wang, T.D Parsia, B. Ontology Performance Profiling and Model Examination: First Steps. In *The Semantic Web*; Springer: Berlin, Germany, 2007.
75. Zakaria, N.H.; Hassan, R.; Othman, R.M.; Asmuni, H. Maturity-Based Analysis of Lightweight Ontology from the Aspect of Extensibility, Reusability and Evolutionary. *Int. J. Adv. Soft Comput. Appl.* 2015, 7, 55–74.
76. Christopher Brewster, Harith Alani, Srinandan Dasmahapatra, and Yorick Wilks. Data driven ontology evaluation. In *Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation*, Lisbon, Portugal, 24–30 May 2004.
77. Obrst, L.; Ceusters, W.; Mani, I.; Ray, S.; Smith, B. The evaluation of ontologies. In *Semantic Web*, Springer, Boston, MA, USA, 2007; pp. 139–158.
78. Zhang, H.; Li, Yu.; Tan, H.B.K. Measuring design complexity of semantic web ontologies. *J. Syst. Softw.* 2010, 83, 803–814
79. Yang, Z.; Zhang, D.; Ye, C. Evaluation metrics for ontology complexity and evolution analysis. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE'06)*, Shanghai, China, 24–26 October 2006; pp. 162–170.
80. Srinivasulu, S.; Sakthivel, P.; Balamurugan, E. Measuring the ontology level and class level complexity metrics in the semantic web. *Int. J. Adv. Comput. Eng. Netw.* 2014, 2, 68–74.
81. Santana, M.A.S. Ontologie Pour la traçabilité des Manipulations D'images Médicales. Ph.D. Thesis, Université de Franche-Comté, Besançon, France, 2014.

82. Brank, J.; Mladenec, D.; Grobelnik, M. Gold standard-based ontology evaluation using instance assignment. In *Proceedings of the Workshop on Evaluation of Ontologies for the Web, EON 2006*, Edinburgh, UK, 22 May 2006.
83. Riaño, D.; Real, F.; López-Vallverdú, J.; Campana, F.; Ercolani, S.; Mecocci, P.; Annicchiarico, R.; Caltagirone, C. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients. *J. Biomed. Inform.* 2012, 45, 429–446, doi:10.1016/j.jbi.2011.12.008.
84. Sicilia, M.A.; Rodríguez, D.; García-Barriocanal, E.; Sánchez-Alonso, S. Empirical Findings on Ontology Metrics. *Expert Syst. Appl.* 2012, 39, 6706–6711.
85. Kazadi, Y.K.; Fonou-Dombeu, J.V. Analysis of Advanced Complexity Metrics of Biomedical Ontologies in the Biportal Repository. *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinform.* 2017, 7, 20–32.
86. Baader, F.; Calvanese, D.; McGuinness, D.; Nardi, D.; Patel-Schneider, P. *The Description Logic Handbook, Theory, Implementation and Applications*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2003.
87. Eiter, T.; Ianni, G.; Krennwallner, T.; Polleres, A. Rules and ontologies for the semantic web. In *Reasoning Web*; Springer: Berlin, Germany, 2008; pp. 1–53.
88. Pan, J.Z.; Stoilos, G.; Stamou, G.; Tzouvaras, V.; Horrocks, I. f-SWRL: A fuzzy extension of SWRL. In *Journal on Data Semantics VI; special issue on Emergent Semantics*; Springer: Berlin, Germany, 2006.
89. Calero, J.M.A.; Ortega, A.M.; Perez, G.M.; Blaya, J.A.B.; Skarmeta, A.F.G. A non-monotonic expressiveness extension on the semantic web rule language. *J. Web Eng.* 2011, 11, 93–118. Available online: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2230896>. 2230897 (accessed on 1 Aug 2018).
90. Miravittles, M.; Anzueto, A.; Legnani, D.; Forstmeier, L.; Fargel M: patient's perception of exacerbations of COPD-the PERCEIVE study. *Respir. Med.* 2007, 101, 453–460, doi:10.1016/j.rmed.2006.07.010.
91. Golightly, Y.M.; Allen, K.D.; Caine, D.J. A comprehensive review of the effectiveness of different exercise programs for patients with osteoarthritis. *Phys. Sportsmed.* 2012, 40, 52–65, doi:10.3810/psm.2012.11.1988.
92. Greenwood, J.L.; Joy, E.A.; Stanford, J.B. The Physical Activity Vital Sign: A primary care tool to guide counseling for obesity. *J. Phys. Act. Health* 2010, 7, 571–576, doi:10.1123/jpah.7.5.57.
93. Gao, Y.; Sun, H.; Zhuang, J.; Zhang, J.; Ransdell, L.; Zhu, Z.; Wang, S. Metabolic equivalents of selected sedentary and physical activities in chinese youth. *J. Phys. Act. Health* 2016, 13, S48–S52.

BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE V

1. Public Health Agency of Canada Report from the Canadian Chronic Disease Surveillance System: Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) in Canada, 2018. Ottawa, 2018. 978-0-660-09274-4
2. Segrelles G, Gómez-Suárez C, Soriano JB, Zamora E, González-Gamarra A, et al. (2014) A home telehealth program for patients with severe COPD: the PROMETE study. *Respir Med* 108: 453-462.
3. Bourbeau J, Farias R. Making sense of telemedicine in the management of COPD. *Eur Respir J* 2018; 51: 1800851 [<https://doi.org/10.1183/13993003.00851-2018>].
4. Chatwin M, Hawkins G, Panicchia L, et al. Randomised crossover trial of telemonitoring in chronic respiratory patients (TeleCRAFT trial). *Thorax* 2016; 71: 305–311.
5. Gregersen TL, Green A, Frausing E, et al. Do telemedical interventions improve quality of life in patients with COPD? A systematic review. *Int J COPD* 2016; 11: 809–822.
6. Ambrosino N, Vagheggini G, Mazzoleni S, et al. Telemedicine in chronic obstructive pulmonary disease. *Breathe*. 2016;12:350–356.

7. Ajami, H.; Mcheick, H. Ontology-Based Model to Support Ubiquitous Healthcare Systems for COPD Patients. *Electronics* 2018, 7, 371.
8. Kate Button, Robert W. van Deursen, Larisa Soldatova, Irena Spasić (2013) TRAK ontology: Defining standard care for the rehabilitation of knee conditions. *Journal of Biomedical Informatics*, Vol. 46, No. 4, pp. 615-625 [PMID: 23665300] [DOI: 10.1016/j.jbi.2013.04.009]
9. C.E. Kuziemy, F. LauA four stage approach for ontology-based health information system design *Artif Intell Med*, 50 (2010), pp. 133-148
10. D. Riaño, F. Real, J. A. López-Vallverdú, F. Campana, S. Ercolani, P. Mecocci, R. Annicchiarico, and C. Caltagirone, "An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients.," *J. Biomed. Inform.*, vol. 45, no. 3, pp. 429–446, Jun. 2012.
11. D. Riao, F. Real, J. A. Lpez-Vallverd, F. Campana, S. Ercolani, P. Mecocci, R. Annicchiarico, and C. Caltagirone, "An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 45, no. 3, pp. 429 – 446, 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153204641100222X>
12. S.-T. Liaw, A. Rahimi, P. Ray, J. Taggart, S. Dennis, S. de Lusignan, B. Jalaludin, A. E. T. Yeo, and A. Talaei-Khoei, "Towards an ontology for data quality in integrated chronic disease management: A realist review of the literature." *I. J. Medical Informatics*, vol. 82, no. 1, pp. 10–24, 2013.
13. A. Valls, K. Gibert, D. Snchez, and M. Batet, "Using ontologies for structuring organizational knowledge in home care assistance," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 79, no. 5, pp. 370 – 387, 2010. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505610000250>
14. N. Lasier, A. Alesanco, S. Guillen, J. Garcia, A tree stage ontology-driven solution to provide personalized care to chronic patients at home, *J. Biomed. Inform.*, 46 (2013) 516-529.
15. Larburu Rubio, N., Bults, R. G. A., van Sinderen, M. J., Widya, I. A., & Hermens, H. J. (2015). An ontology for telemedicine systems resiliency to technological context variations in pervasive healthcare. *IEEE journal of translational engineering in health and medicine*, 3, 10. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2015>.
16. Benyahia, A.A., Hajjam, A., Hilaire, V., Hajjam, M.: E-care Ontological architecture for telemonitoring and alerts detection. 5 th IEEE International Symposium on Monitoring & Surveillance Research (ISMSR): Healthcare-Safety-Security, (2012)
17. Hristoskova A., Sakalis V., Zacharioudakis G., Tsiknakis M., De Turck F. (2012) Ontology-Driven Monitoring of Patient's Vital Signs Enabling Personalized Medical Detection and Alert. In: Nikita K.S., Lin J.C., Fotiadis D.I., Arredondo Waldmeyer MT. (eds) *Wireless Mobile Communication and Healthcare. MobiHealth 2011. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 83. Springer, Berlin, Heidelberg
18. Ryu, Joong-Kyung et al. "Ontology Based Context Information Model for u-Healthcare Service." 2011 International Conference on Information Science and Applications (2011): 1-6.
19. Kim, J., Lee, D., & Chung, K. (2012). Ontology driven interactive healthcare with wearable sensors. *Multimedia Tools and Applications*, 71, 827-841.
20. EJ. Ko, HJ. Lee, and JW. Lee. Ontology-based context modeling and reasoning for U-HealthCare. *IEICE Trans Inf Syst*, E90-D(8):1262–1270, 2007.
21. F. Paganelli and D. Giuli, "An Ontology-Based System for ContextAware and Configurable Services to Support Home-Based Continuous Care," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 15, Mar 2011, pp. 324-333
22. Bassiliades, N.: SWRL2SPIN: a tool for transforming SWRL rule bases in OWL ontologies to object-oriented SPIN rules. *arXiv preprint arXiv:1801.09061* (2018).
23. Zhang, Weizhe et al. "A Knowledge-based Telemonitoring Platform for Application in Remote Healthcare." (2014).
24. Jovic, M. Prcela, D. Gamberger, "Ontologies in Medical Knowledge Representation", *Proc. of Int. Conf Information Technology Interfaces*, pp. 535-540, 2007.

25. Leonardo Lezcano Matías. Combining ontologies and rules with clinical archetypes. PhD thesis submitted to the university of Alcalá. Interdisciplinary applications and problems of the information and communication technologies 2011.
26. HameurLaine, A.; Abdelaziz, K.; Roose, P.; and Kholadi, M.-K. 2015. Ontology and Rules-Based Model to Reason on Useful Contextual Information for Providing Appropriate Services in U-Healthcare Systems. Cham: Springer International Publishing. 301–310.
27. Alagha. M. Diagnosing Heart Diseases Using Ontology and SWRL Rules. Master thesis. IUG university Gaza March 2017.
28. Alphonsine Mukabunani. Ontology-based clinical decision support system applied on diabetes. University of Agder, Faculty of Engineering and Science Department of Information and Communication Technology, 2017.
29. Hurst JR, Vestbo J, Anzueto A, Locantore N, Mullerova H, Tal-Singer R, Miller B, Lomas DA, Agusti A, Macnee W, et al. Susceptibility to exacerbation in chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 2010;363:1128–1138
30. Al Rajeh A, Hurst J. Monitoring of physiological parameters to predict exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease (COPD): a systematic review. *J Clin Med*. 2016;5:108.
31. AL Sahel hospital. Beirut, Lebanon, 2018.
32. Medical International Research (MIR), clinical laboratory. Beirut, Lebanon, 2018.
33. Simulated patient cases, training and validation dataset. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188532.s004>
34. Ventilation and the Indoor Environment. Water and Air Quality Bureau Healthy Environments and Consumer Safety Branch. Publication date: March 2018. Available at: http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/sc-hc/H144-54-1-2018-eng.pdf
35. Liesl M. Osman, Jon G. Ayres, Carole Garden, Karen Reglitz, Janice Lyon, J. Graham Douglas; Home warmth and health status of COPD patients, *European Journal of Public Health*, Volume 18, Issue 4, 1 August 2008, Pages 399–405, <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckn015>
36. Mu, Z., Chen, PL., Geng, FH. et al. *Int J Biometeorol* (2017) 61: 1919. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1379-0>
37. Ormandy D, and Ezratty V. Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. *Energy Policy* 2011;2012(49):116–21.
38. Collins, K.J., Easton, J.C., Belfield-Smith, H., 1985: Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments. In: *Clin Sci (Lond)*. 1985 Oct;69(4):465-70.
39. COPD Foundation's Slim Skinny Reference Guide (SSRG, <http://www.med.umich.edu/1libr/CCG/SSRG.2012.pdf>
40. Excellus BlueCross BlueShield Participating Provider Manual, https://www.excellusbcbs.com/wps/wcm/connect/6807dd5e-235c-4a9b-a568-31ddbd4f15da/B_4220_COPDBooklet_Excellus7291_13MCMNP%5B1%5D.pdf
41. Vornanen-Winqvist C, Järvi K, Toomla S, et al. Ventilation Positive Pressure Intervention Effect on Indoor Air Quality in a School Building with Moisture Problems. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(2):230. Published 2018 Jan 30. doi:10.3390/ijerph15020230
42. Seppänen O.A., Fisk W.J. Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*. 2004;14:102–118. doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00279.x. [PubMed] [CrossRef]
43. A. Bhatia. HVAC Design for Cleanroom Facilities. Continuing Education and Development, Course. <https://www.cedengineering.com/userfiles/HVAC%20Design%20for%20Cleanroom%20Facilities.pdf>
44. Ansley L, Petersen D, Thomas A, St Clair Gibson A, Robson-Ansley P, Noakes TD. The effect of breathing an ambient low-density, hyperoxic gas on the perceived effort of breathing and maximal performance of exercise in well-trained athletes. *Br J Sports Med*. 2007;41(1):2-7.
45. Wenger RH, Kurtcuoglu V, Scholz CC, Marti HH, Hoogewijs D. Frequently asked questions in hypoxia research. *Hypoxia (Auckl)*. 2015;3:35-43. Published 2015 Sep 18. doi:10.2147/HP.S92198

46. H. Wang, C. Tseng and T. Hsieh. Developing an indoor air quality index system based on the health risk assessment. *Indoor Air* 2008, 17-22 August 2008, Copenhagen, Denmark
47. S. M. Saad, A. Y. M. Shakaff, A. R. M. Saad, A. M. Yusof, A. M. Andrew, A. Zakaria, and A. H. Adom. Development of indoor environmental index: Air quality index and thermal comfort index. *AIP Conference Proceedings*, Volume 1808, Issue 1, id.020043 (2017); doi: 10.1063/1.4975276
48. Lin S, Luo M, Walker RJ, Liu X, Hwang SA, Chinery R. Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology*. 2009;20(5):738–746.
49. Tseng CM, Chen YT, Ou SM, et al. The effect of cold temperature on increased exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a nationwide study. *PLoS ONE* 2013; 8(3): e57066.
50. P. Marno, C. Bryden, W. Bird, H. A. Watkin. How different measures of cold weather affect chronic obstructive pulmonary disease (COPD) hospital admissions in London. *European Respiratory Review* Dec 2006, 15 (101) 185-186; DOI: 10.1183/09059180.00010126
51. C.R. Jenkins, B. Celli, J.A. Anderson, G.T. Ferguson, P.W. Jones, J. Vestbo, J.C. Yates, P.M.A. Calverley. Seasonality and determinants of moderate and severe COPD exacerbations in the TORCH study. *European Respiratory Journal* Jan 2012, 39 (1) 38-45; DOI: 10.1183/09031936.00194610
52. Madaniyazi L, Zhou Y, Li S, Williams G, Jaakkola JJ, Liang X, et al. Outdoor temperature, heart rate and blood pressure in chinese adults: effect modification by individual characteristics. *Sci Rep* 2016; 6:21003.
53. Donaldson GC, Seemungal T, Jeffries DJ, et al. Effect of temperature on lung function and symptoms in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 1999;13:844–849.
54. Collaco JM, Appel LJ, McGready J, Cutting GR (2018) The relationship of lung function with ambient temperature. *PLoS ONE* 13(1): e0191409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191409>
55. Sharma S, Rawat D. Partial Pressure Of Oxygen (PO2) [Updated 2018 Oct 27]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2018 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493219/>
56. National Research Council (US) Committee on Airliner Cabin Air Quality. The Airliner Cabin Environment: Air Quality and Safety. Washington (DC): National Academies Press (US); 1986. 5, Cabin Air Pollutants: Sources and Exposures. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK219004/>
57. Scott K. Out of thin air: sensory detection of oxygen and carbon dioxide. *Neuron*. 2011;69:194–202.
58. O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J on behalf of the British Thoracic Society Emergency Oxygen Guideline Group. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings *Thorax* 2017;72:ii1-ii90.
59. Stan Pillman. hypoxico altitude to oxygen chart. May 5, 2018. Last access: 4 Jan. 2019. <https://hypoxico.com/altitude-to-oxygen-chart/>
60. Grigorie, LT, Dinca, L and Corcau, J. 2010a. Aircrafts' Altitude Measurement using Pressure Information: Barometric Altitude and Density Altitude. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 7: 503–512.
61. Mingji C, Onakpoya IJ, Perera R, Ward AM, Heneghan CJ. Relationship between altitude and the prevalence of hypertension in Tibet: a systematic review. *Heart*. 2015;101:1054–60.
62. Nall, Rachel. "COPD hypoxia: What you need to know." *Medical News Today*. MediLexicon, Intl., 1 Mar. 2017. Web. 4 Jan. 2019. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/316136.php>
63. Christina Priegnitz, Marcel Tremel, Norbert Anduleit, Matthias Putzke, Jürgen Wenzel, Winfried J. Randerath. Hypoxia altitude simulation test (HAST) versus hypobaric chamber test (HCT) in COPD patients. *European Respiratory Journal* Sep 2016, 48 (suppl 60) PA558; DOI: 10.1183/13993003.congress-2016.PA558.
64. Dillard TA, Berg BW, Rajagopal KR, Dooley JW, Mehm WJ. Hypoxemia during air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1989; 1; 111:362–7.

65. Netzer NC, Rausch L, Eliasson AH, Gatterer H, Friess M, Burtcher M, et al. SpO₂ and heart rate during a real hike at altitude are significantly different than at its simulation in normobaric hypoxia. *Front Physiol.* 2017;8:81. doi: 10.3389/fphys.2017.00081.
66. Maldonado D, González-García M, Barrero M, Jaramillo C, Casas A. Exercise endurance in chronic obstructive pulmonary disease patients at an altitude of 2640 meters breathing air and oxygen (FIO₂ 28% and 35%): a randomized crossover trial. *COPD* 2014;11:401–406.
67. Li J, Sun S, Tang R, Qiu H, Huang Q, Mason TG, et al. Major air pollutants and risk of COPD exacerbations: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016;11:3079–3091. doi: 10.2147/COPD.S122282.
68. Andersen ZJ, Bønnelykke K, Hvidberg M, et al. Long-term exposure to air pollution and asthma hospitalisations in older adults: a cohort study *Thorax* 2012;67:6-11.
69. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Environmental Quality Guidelines, <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/133/>
70. Atmospheric quality standards (Sections 197 and 198 and Schedule K of the Clean Air Regulation) and criteria (Environment Quality Act) <http://www.environnement.gouv.qc.ca/air/criteres/index-en.htm>
71. Ontario's Ambient Air Quality Criteria - Sorted by Contaminant Name <https://www.ontario.ca/page/ontarios-ambient-air-quality-criteria-sorted-contaminant-name>
72. B.C. Ministry of Environment & Climate Change Strategy. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/air/air-quality-management/regulatory-framework/objectives-standards>
73. Qiu H, Yu IT, Wang X, et al. Season and humidity dependence of the effects of air pollution on COPD hospitalizations in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 2013; 76:74-80.
74. Freitas MC Pacheco AM Verburg TG et al. Effect of particulate matter, atmospheric gases, temperature, and humidity on respiratory and circulatory diseases' trends in Lisbon, Portugal *Environ Monit Assess* 2010 162 1-4 113 121
75. Hayes D Jr., Collins PB, Khosravi M, Lin RL, Lee LY. Bronchoconstriction triggered by breathing hot humid air in patients with asthma: role of cholinergic reflex. *American journal of respiratory and critical care medicine.* 2012;185(11):1190–6. Epub 2012/04/17.
76. A. Elbayoudi, A. Lotfi, C. Langensiepen, K. Appiah, Modelling and simulation of activities of daily living representing an older adult's behaviour, pp. 67:1-67:8, 2015.
77. Z. Liouane, T. Lemlouma, P. Roose, F. Weis, H. Messaoud, A Markovian-based approach for daily living activities recognition. arXiv:1603.03251, 10 Mar 2016.
78. Artoni, O., Negru, V., 2011. Multi-Threading System for Human Behavior Simulation based on Constraints Propagation. *IEEE 15th International Conference on System Theory, Control and Computing.*
79. Mshali, H., Lemlouma, T., Magoni, D.: Context-aware adaptive framework for e-health monitoring. In: *IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, Sydney, Australia, pp. 276–283, December 2015.
80. WHO. (2002). Towards A Common Language for Functioning, Disability and Health ICF.
81. Stucki A, Stoll T, Cieza A, Weigl M, Giardini A, Wever D, Kostanjsek N, Stucki G. ICF Core Sets for obstructive pulmonary diseases. *J Rehabil Med* 2004;(Suppl 44):114–120.
82. Bui, K-L, Nyberg, A, Maltais, F. Functional tests in chronic obstructive pulmonary disease, part 1: clinical relevance and links to the international classification of functioning, disability, and health. *Ann Am Thorac Soc* 2017; 14: 778–784.
83. Alda Marques, Cristina Jácome, Raquel Gabriel & Daniela Figueiredo (2013) Comprehensive ICF Core Set for Obstructive Pulmonary Diseases: validation of the Activities and Participation component through the patient's perspective, *Disability and Rehabilitation*, 35:20, 1686-1691, DOI: 10.3109/09638288.2012.750691

84. Moy ML, Matthess K, Stolzmann K, Reilly J, Garshick E. Free-living physical activity in COPD: assessment with accelerometer and activity checklist. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2009;46(2):277 doi: 10.1682/JRRD.2008.07.0083
85. Haider Hasan Mshali. Context-aware e-health services in smart spaces. Other [cs.OH]. Université de Bordeaux, 2017.
86. Outdoor air quality dataset. Available at: <https://catalogue.data.gov.bc.ca/dataset/air-quality-monitoring-verified-hourly-data>
87. GAMS Indoor Air Quality Dataset. Available at: <https://github.com/twairball/gams-dataset>
88. Data supporting Rubio et al on exacerbations of COPD. Available at: <https://datashare.is.ed.ac.uk/handle/10283/2635>.

ANNEXE A

Data agreement

Confidentiality Agreement



To ensure best practice within our project, the appropriate confidentiality and security requirements must be agreed between all engaged parties. The standard specified in the agreement should be consistent with common law duty of confidentiality.

- Any information will only be used for purposes agreed between the Sahel Hospital and research project team (COPD). Information will be retained for a period agreed between the parties and destroyed by an agreed method.
 - **Agreed purpose is:** Prediction of Exacerbation
 - **Agreed retention period:** September 2017 - January 2022
 - **Agreed destruction method:** Electronic records must be permanently deleted from all hard drives
- Personal identifiable information will be excluded from the list of required data. This information will be replaced by label codes, like (A01, A02, etc.). Moreover, the project team shall not get or keep any record of information containing a unique number or a combination of personal data such (Name, Address, Postcode, Marital status, Occupation, Phone number, etc.). These anonymous data are transferred to our research project team by formally authorized staff of the Sahel Hospital.
- All information will be treated as confidential, kept in a safe place (office of Professor Hamid Mcheick) and will not be disclosed to any other persons outside the requirements of the above agreed purpose(s), without agreement of the Sahel Hospital.

Party I : Representative of Research project team, University of Quebec at Chicoutimi (UQAC), Chicoutimi, Canada

Signed:

A black rectangular box redacting the signature of the representative of the research project team.

Name:

Hamid Mcheick, UQAC

Position:

____ Professor ____

Date: May 8, 2017

ANNEXE A

Confidentiality Agreement



To ensure best practice within our project, the appropriate confidentiality and security requirements must be agreed between all engaged parties. The standard specified in the agreement should be consistent with common law duty of confidentiality.

- Any information will only be used for purposes agreed between Dr. Yousef Hakim and project team. Information will be retained for a period agreed between the parties and destroyed by an agreed method.
 - **Agreed purpose is:** Prediction of Exacerbation
 - **Agreed retention period:** Jan 2022
 - **Agreed destruction method:** Electronic records must be permanently deleted from all hard drives
- Any work involving access to personal identifiable information will be done by formally authorized staff of Dr. Yousef Hakim. The project team shall not keep any record of information containing a unique number or a combination of personal data from the following list: Name, Address, Postcode, Marital status, Occupation.
- All information will be treated as confidential, kept in a safe place and will not be disclosed to any other persons outside the requirements of the above agreed purpose(s), without agreement of Dr. Yousef Hakim.

Signed: _____

Name: Hamid Mcheick, UQAC

Position: _____ Professor _____

Date: 3 March 2018

Dr. Yousef Hakim

Signed: _____

Name: _____

Position: _____

Date: 05/3/2018

ANNEXE B

Institution	Nom	Titre	Comité de sélection des fonctionnalités	Comité de validation des règles
Université McGill et Centre de santé, Canada, Québec, QC	Kevin Schwartzman	Médecin professeur, Division de maladies respiratoires		X
Université de l'Alberta, Canada, AB	Harissios Vliagoftis	Directeur du département de médecine, Division de médecine pulmonaire		X
Université de l'Alberta, Canada, AB	Dean Befus	Professeur honoraire, département de médecine, division de médecine pulmonaire	X	X
Université de l'Alberta, Canada, AB	Michael Stickland	Professeur à la division de médecine pulmonaire	X	
Université de l'Alberta, Canada, AB	Alim Hirji	Maître assistant, département de médecine		X
Université de la Colombie-Britannique, Canada, C. B	Carlsten Christopher	Chef de médecine respiratoire	X	X
Université Dalhousie, Canada, C.-B.	Paul Hernandez	Chef de la division de pneumologie		X
Université de Calgary, Canada, AB	Stephen Field	Professeur de médecine clinique		X
Clinique privée, Beyrouth, Liban	Mohammad Khanafer	Médecin praticien	X	X

Liste des médecins, leurs établissements et leur contribution dans le cadre proposé.

ANNEXE C

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux de patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la fréquence cardiaque.

Partie C.1

Patient		Age	Stade	Fréquence cardiaque (FR)					
				Au repos	FR réserve	FR max	Exercice		
							Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M ± SD	Équation	Équation	Intervalle prévue	Intervalle prévue	Intervalle prévue
Sexe	Homme	40-50	Stade I	72.6±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade II	74.6±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade III	77.5±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade IV	84.9±14	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
		50-60	Stade I	69.2±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade II	72.3±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade III	75.2±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade IV	82.2±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
		60-70	Stade I	69.0±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade II	71.3±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade III	74.2±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade IV	81.2±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
		70-80	Stade I	68.70±9	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]

			Stade II	70.3±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade III	73.6±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade IV	80.2±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
		80-90	Stade I	67.20±9	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade II	69.3±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade III	72.6±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
			Stade IV	79.2±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]	[(FRR*0.7)+FR repos, (FRR*0.85)+FR repos]
		Femme	40-50	Stade I	74.9±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade II	77.8±14	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade III	79.7±15	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade IV	87.9±14	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
			50-60	Stade I	73.3±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade II	76.1±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade III	78.7±14	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade IV	86.2±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
			60-70	Stade I	72.2±11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade II	75.1±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade III	77.8±13	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]
				Stade IV	85.4±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100)+FR repos, (FRR*40/100)+FR repos]	[(FRR*0.5)+FR repos, (FRR*0.7)+FR repos]

							(FRR*40/100) +FR repos]	(FRR*0.7) +FR repos]	(FRR*0.85) +FR repos]
		70-80	Stade I	71.2±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade II	74.1±9	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade III	76.2±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade IV	84.1±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
		80-90	Stade I	70.5±8	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade II	73 ± 11	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade III	72.2±12	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]
			Stade IV	82.1±10	FR max-FR repos	207-(0.7*âge)	[(FRR*20/100) +FR repos, (FRR*40/100) +FR repos]	[(FRR*0.5) +FR repos, (FRR*0.7) +FR repos]	[(FRR*0.7) +FR repos, (FRR*0.85) +FR repos]

Partie C.2

				Fréquence cardiaque						
Patient		Âge	Stade	Inhalateur		Comorbidités				
						CHF		Anémie	Hypertension	Asthme
				Effet		Effet		M ± SD	M ± SD	Intervalle
Sexe	Homme	40-50	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	79.4±15	85±10	77-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.2±10	86±11	76-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.4±18	87±13	69-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.1±17	90±12	71-103
		50-60	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	77.1±15	84±10	80-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	78.5±16	81±12	82-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	75.9±21	85±16	70-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.1±17	84±11	83-101
		60-70	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	79.1±15	81±10	77-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.7±16	85±11	76-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	77.9±20	88±9	78-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.4±13	89±13	81-99
			Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	78.4±16	78±18	78-96

		70-80	Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.6±11	80±10	72-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.1±10	81±16	76-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±19	90±8	80-100
		80-90	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	79.4±15	85±10	75-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±16	86±11	76-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.4±18	87±13	78-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.5±17	90±12	81-101
		Femme								
		40-50	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	82.4±10	88±10	83-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±17	89±11	84-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	82.4±13	91±13	84-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	85.4±19	92±12	82-99
		50-60	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.2±15	88±10	80-94
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	86.1±10	89±11	75-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	85.5±16	90±13	77-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	83.4±20	92±12	81-99
		60-70	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	79.4±15	85±10	80-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±16	89±8	79-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.4±18	90±11	85-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.4±17	92±2	80-99
		70-80	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	79.4±15	88±16	80-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±16	89±12	79-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.4±18	90±7	82-98
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	84.4±17	92±10	81-99
		80-90	Stade I	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.1±15	88±10	78-96
			Stade II	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.4±16	89±11	79-98
			Stade III	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	81.2±18	90±13	85-96
			Stade IV	Augmente bpm	5-10	Augmente bpm	1.24 /10	80.4±17	92±12	80-95

ANNEXE D

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux de patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la température.

Partie D.1

Patient		Age	Stade	Au repos	IMC	Température		
						Exercice		
					>25	Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M ± SD	Effet	Intervalle prévue	Intervalle prévue	Intervalle prévue
Sexe	Homme	40-50	Stade I	36.25(1.28)	PDC	37.5-38.1	37.8-38.4	38-38.7
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		50-60	Stade I	36.22(1.07)	PDC	36.5-38	37-38	37.5-38.3
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		60-70	Stade I	36.17(1.08)	PDC	36-37	36.-37.8	37-38.2
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		70-80	Stade I	36.14(1.09)	PDC	36.5-38	37-38	37.5-38.3
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		80-90	Stade I	36.16(1.13)	PDC	36.5-38	37-38	37.5-38
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
	Femme	40-50	Stade I	36.5 (1.15)	PDC	37.5(0.3)	37.8(0.3)	38(0.3)
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		50-60	Stade I	36.36(1.12)	PDC	37.5(0.3)	37.8(0.3)	38(0.3)
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade I	36.28(1.17)	PDC	37.3(0.4)	37.6(0.3)	38.1(0.2)

		60-70	Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		70-80	Stade I	36.289(1.14)	PDC	37.2(0.5)	37.5(0.3)	37.9(0.5)
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
		80-90	Stade I	36.31(1.30)	PDC	37.1(0.4)	37.4(0.8)	38(0.2)
			Stade II	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade III	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade
			Stade IV	PDC avec Stade	PDC	PDC avec Stade	PDC avec Stade	PDC avec Stade

Partie D.2

Patient		Age	Stade	Fumeur	Comorbidités			
					CHF	CAD	Asthme	PH
				Effet	Effet	Effet	Effet	Effet
Sexe	Homme	40-50	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		50-60	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		60-70	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		70-80	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		80-90	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
	Femme	40-50	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		50-60	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		60-70	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		70-80	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC

			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
		80-90	Stade I	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	PDC	PDC	PDC	PDC	PDC

ANNEXE E

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux de patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la fréquence respiratoire.

Partie E.1

Patient		Age	Stade	Fréquence respiratoire				
				Au repos	IMC	Exercice		
						Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				Intervalle	Effet	Intervalle prévue	Intervalle prévue	Intervalle prévue
Sexe	Homme	40-50	Stade I	11-18	↑↑40%	16-31	24-42	31-49
			Stade II	13-19	↑↑40%	19-31	26-42	29-52
			Stade III	15-20	↑↑40%	20-33	28-45	32-57
			Stade IV	16-22	↑↑40%	18-33	28-47	35-52
		50-60	Stade I	10-21	↑↑40%	16-33	20-45	30-50
			Stade II	13-20	↑↑40%	17-38	21-48	26-54
			Stade III	14-21	↑↑40%	18-37	19-49	29-56
			Stade IV	15-23	↑↑40%	21-37	23-51	30-56
		60-70	Stade I	10-22	↑↑40%	15-36	20-52	28-51
			Stade II	11-22	↑↑40%	18-37	21-49	24-59
			Stade III	15-23	↑↑40%	15-36	19-51	21-58
			Stade IV	16-24	↑↑40%	18-37	23-54	27-60
		70-80	Stade I	15-26	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade II	12-23	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade III	15-24	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade IV	14-25	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
		80-90	Stade I	10-25	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade II	13-23	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade III	17-25	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade IV	17-27	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
	Femme	40-50	Stade I	10-17	↑↑40%	14-29	22-40	29-47
			Stade II	11-18	↑↑40%	17-29	25-40	28-50
			Stade III	13-19	↑↑40%	18-30	28-45	30-55
			Stade IV	14-21	↑↑40%	19-31	28-47	31-59
		50-60	Stade I	↑↑ 5%	↑↑40%	14-31	18-43	18-48
			Stade II	↑↑ 5%	↑↑40%	15-34	21-46	24-52
			Stade III	↑↑ 5%	↑↑40%	16-36	19-47	27-54
			Stade IV	↑↑ 5%	↑↑40%	19-36	23-49	28-52

		60-70	Stade I	↑↑ 5%	↑↑40%	11-35	19-51	20-50
			Stade II	↑↑ 5%	↑↑40%	11-34	20-48	23-56
			Stade III	↑↑ 5%	↑↑40%	13-35	18-49	21-57
			Stade IV	↑↑ 5%	↑↑40%	14-36	22-54	26-57
		70-80	Stade I	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade II	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade III	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade IV	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
		80-90	Stade I	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade II	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade III	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D
			Stade IV	↑↑ 5%	↑↑40%	N/D	N/D	N/D

Partie E.2

Patient		Age	Stade	Fumeur	Comorbidités			
					CHF	CAD	Asthme	PH
Sexe	Homme	40-50		Effet	Effet	Effet	Effet	Effet
			Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
		50-60	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
		60-70	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	PDC
		70-80	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
		80-90	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
	Femme	40-50	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	↑5-15 ↑mMRC	↑10%
		50-60	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
		60-70	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC

		70-80	Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
		80-90						
			Stade I	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade II	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade III	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC
			Stade IV	↑↑10%	↑↑50%	↑↑30%	PDC avec âge	PDC

ANNEXE F

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation du VEMS.

Partie F.1

Patient		Age	Stade	Au repos	IMC	FEV1		
						Exercice		
						Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M ± SD	Effet	Intervalle prévue	Intervalle prévue	Intervalle prévue
Sexe	Homme	40-50	Stade I	90.8(15)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	61.9(8.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	39.9(5.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	25(4.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		50-60	Stade I	88.5(9)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	59.9(6.7)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	36.9(4.7)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	24(4.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		60-70	Stade I	87(13)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	59(4.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	38.1(7.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	24(3.9)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		70-80	Stade I	85.8(5.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	56.9(9.1)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	37.9(7.2)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	24(4.1)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		80-90	Stade I	85(11)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	56(9.1)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	37.5(7.0)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	24(5.2)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
	Femme	40-50	Stade I	91.3(5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	63.6(6.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	40.3(7.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	27(3.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		50-60	Stade I	90.2(8.4)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	62.7(8.1)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	40.19(7.2)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	26.22(8.9)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade I	89.5(7)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%

		60-70	Stade II	59.9(3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	39(6.8)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	25(4.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		70-80	Stade I	88(13)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	58(7)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	39.2(4.8)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	25(6.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
		80-90	Stade I	90.8(15)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade II	61.9(8.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade III	39.9(5.5)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%
			Stade IV	25(4.3)	↓20%	↓10%	↓10%	↓15%

Partie F.2

Patient		Age	Stade	Fumeur	Comorbidités			
					CHF	CAD	Asthme	PH
Sexe	Homme	40-50		Effet	Effet	Effet	Effet	Effet
			Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		50-60	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		60-70	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		70-80	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		80-90	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
	Femme	40-50	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		50-60	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		60-70	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		70-80	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC

			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
		80-90	Stade I	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade II	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade III	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC
			Stade IV	↓5-20%	PDC	PDC	PDC	PDC

ANNEXE G

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de SpO2.

Partie G.1

Patient		Age	Stade	SpO2				
				Au repos	IMC			
					<18	18-23	23-25	>25
				M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD	M ± SD
Sexe	Homme	40-50	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		50-60	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		60-70	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		70-80	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		80-90	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
	Femme	40-50	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		50-60	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		60-70	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		70-80	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1
		80-90	Stade I	95.5±1.41	94.19±2.1	94.81±2.3	96.67±1.2	94.75±3.9
			Stade II	94.96±2.23	93.89±3.2	93.91±1.39	95.84±1.5	93.81±2.8
			Stade III	94.06±2.35	93.52±3.1	93.12±1.66	95.10±2.7	93.01±1.9
			Stade IV	93.5±1.39	92.94±2.6	92.78±2.68	94.64±2.6	92.71±1.1

[illegible]

			Stade III	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade IV	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
		70-80	Stade I	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade II	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade III	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade IV	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
		80-90	Stade I	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade II	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade III	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %
			Stade IV	↓↓ 1%	↓↓ (1-3) %	↓↓ (1-4) %	↓ 1-5 %	↓ 6 %	↓ 2 %	↓ to 95-92 %	↓ 1-3 %

ANNEXE H

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de PaCO₂.

Partie H.1

Patient		Age	Stade	Au repos	IMC	PaCO ₂		
						Exercice		
					>30	Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				Intervalle	Effet	Intervalle prévue	Intervalle prévue	Intervalle prévue
Sexe	Homme	40-50	Stade I	35-42	40-45	33-40	32-38	30-36
			Stade II	38-42	39-47	33-41	31-41	33-39
			Stade III	37-41	35-46	37-43	36-42	39-45
			Stade IV	42-47	40-48	40-49	41-49	45-50
		50-60	Stade I	35-42	40-45	33-40	32-38	30-36
			Stade II	38-42	39-47	33-41	31-41	33-39
			Stade III	37-41	35-46	37-43	36-42	39-45
			Stade IV	42-47	40-48	40-49	41-49	45-50
		60-70	Stade I	35-42	40-45	33-40	32-38	30-36
			Stade II	38-42	39-47	33-41	31-41	33-39
			Stade III	37-41	35-46	37-43	36-42	39-45
			Stade IV	42-47	40-48	40-49	41-49	45-50
		70-80	Stade I	35-42	40-45	33-40	32-38	30-36
			Stade II	38-42	39-47	33-41	31-41	33-39
			Stade III	37-41	35-46	37-43	36-42	39-45
			Stade IV	42-47	40-48	40-49	41-49	45-50
		80-90	Stade I	35-42	40-45	33-40	32-38	30-36
			Stade II	38-42	39-47	33-41	31-41	33-39
			Stade III	37-41	35-46	37-43	36-42	39-45
			Stade IV	42-47	40-48	40-49	41-49	45-50
	Femme	40-50	Stade I	36-42	40-46	30-40	33-39	30-36
			Stade II	34-39	35-48	34-42	32-43	37-41
			Stade III	38-42	39-47	35-45	37-44	38-43
			Stade IV	45-50	38-51	40-49	41-51	47-53
		50-60	Stade I	36-42	40-46	30-40	33-39	30-36
			Stade II	34-39	35-48	34-42	32-43	37-41
			Stade III	38-42	39-47	35-45	37-44	38-43
			Stade IV	45-50	38-51	40-49	41-51	47-53
		60-70	Stade I	36-42	40-46	30-40	33-39	30-36
			Stade II	34-39	35-48	34-42	32-43	37-41
			Stade III	38-42	39-47	35-45	37-44	38-43
			Stade IV	45-50	38-51	40-49	41-51	47-53
		70-80	Stade I	36-42	40-46	30-40	33-39	30-36
			Stade II	34-39	35-48	34-42	32-43	37-41
			Stade III	38-42	39-47	35-45	37-44	38-43
			Stade IV	45-50	38-51	40-49	41-51	47-53
		80-90	Stade I	36-42	40-46	30-40	33-39	30-36
			Stade II	34-39	35-48	34-42	32-43	37-41

			Stade III	38-42	39-47	35-45	37-44	38-43
			Stade IV	45-50	38-51	40-49	41-51	47-53

Partie H.2

Patient		Age	Stade	PaCO2				
				Fumeur	Comorbidités			
					Diabète	CAD	Acide reflux	PH
Sexe	Homme			Effet	Effet	M ± SD	M ± SD	M ± SD
			Stade I	↑↑ +3	50 ± 8		40 ± 3	37 ± 6.8
			Stade II	↑↑ +3	51 ± 10		39 ± 7	38 ± 4
			Stade III	↑↑ +3	55 ± 5		41 ± 3	39 ± 9
			Stade IV	↑↑ +3	57 ± 12		43 ± 5	41 ± 13
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
	Femme							
			Stade I	↑↑ +3	52 ± 4		PDC	38 ± 8
			Stade II	↑↑ +3	53 ± 8		PDC	39 ± 6
			Stade III	↑↑ +3	56.3 ± 6		PDC	40 ± 12
			Stade IV	↑↑ +3	58.5 ± 14		PDC	42 ± 7
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade I	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade II	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade III	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC
			Stade IV	↑↑ +3	PDC		PDC	PDC

ANNEXE I

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la PaO₂.

Partie I.1

Patient		Âge	Stade	PaO ₂				
				Au repos	IMC	Exercice		
					>25	Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				Intervalle	M ± SD	Intervalle prévu	Intervalle prévu	Intervalle prévu
Sexe	Homme	40-50	Stade I	78-85	78±8	80-90	81-94	95-105
			Stade II	72-81	77±10	75-85	70-92	90-100
			Stade III	68-78	75±15	70-83	71-88	85-95
			Stade IV	45-55	73±13	50-60	45-69	55-73
		50-60	Stade I	75-82	77±11	80-91	78-94	88-103
			Stade II	68-78	75±9	72-83	69-88	75-99
			Stade III	65-75	76±5	70-80	68-86	71-91
			Stade IV	45-54	73±4	50-59	48-64	50-72
		60-70	Stade I	74-80	72±10	80-85	76-90	85-99
			Stade II	65-75	73±16	70-83	68-88	70-95
			Stade III	65-72	74±11	70-78	66-84	65-88
			Stade IV	48-52	70±8	50-58	49-62	46-72
		70-80	Stade I	73-79	73±18	78-88	72-89	81-95
			Stade II	64-74	71±14	68-80	68-85	65-91
			Stade III	64-72	75±7	65-81	67-85	61-84
			Stade IV	43-54	72±6	46-71	46-73	46-70
		80-90	Stade I	71-75	71±9	72-80	73-86	78-92
			Stade II	62-70	75±5	65-76	63-79	62-88
			Stade III	65-69	77±11	68-75	68-78	58-80
			Stade IV	42-52	69±17	45-58	45-63	45-68
	Femme	40-50	Stade I	78-90	78±12	80-95	79-98	100-112
			Stade II	68-80	77±8	70-85	65-90	90-102
			Stade III	65-77	76±7	66-82	66-88	78-90
			Stade IV	57-70	71±5	58-75	58-80	68-78
		50-60	Stade I	76-88	79±4	78-92	79-95	95-110
			Stade II	68-82	69±9	69-88	70-93	84-95
			Stade III	65-75	73±7	67-81	68-84	75-88
			Stade IV	55-69	65±14	58-74	57-73	65-75

		60-70	Stade I	73-85	70±11	75-91	75-95	90-105
			Stade II	65-80	68±8	67-84	68-87	80-89
			Stade III	62-73	67±6	65-78	65-81	70-85
			Stade IV	55-67	60±12	57-71	57-73	60-72
		70-80	Stade I	70-82	68±15	71-85	71-88	88-102
			Stade II	64-78	70±7	65-81	65-85	75-85
			Stade III	61-70	71±9	62-72	64-75	65-80
			Stade IV	54-65	61±18	55-68	56-73	55-70
		80-90	Stade I	67-78	67±16	68-80	69-86	70-90
			Stade II	61-75	65±7	63-78	62-83	70-85
			Stade III	60-68	69±19	60-71	61-76	60-77
			Stade IV	53-62	60±12	54-64	55-67	52-68

Partie I.2

Patient		Âge	Stade	Fumeur	PaO2			
					Comorbidités			
					CHF	CAD	Acide reflux	Asthme
				Effet	Effet	M ± SD	M ± SD	Effet
Sexe	Homme	40-50	Stade I	Diminue 1-4	46-80	60±10	70±9	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	45-78	58±13	68±11	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	45-77	57±8	67±6	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	40-60	48±10	58±14	Diminue 1-10
		50-60	Stade I	Diminue 1-4	42-75	58±6	71±3	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	41-75	55±7	67±2	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	41-73	57±15	65±16	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	40-55	49±9	55±4	Diminue 1-10
		60-70	Stade I	Diminue 1-4	41-74	61±12	70±7	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	45-71	52±9	67±1	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	40-68	57±18	65±8	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	39-53	43±16	58±9	Diminue 1-10
		70-80	Stade I	Diminue 1-4	43-75	55±16	68±17	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	49-78	50±6	67±11	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	38-77	53±4	67±6	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	35-55	41±14	50±3	Diminue 1-10
		80-90	Stade I	Diminue 1-4	40-70	53±5	65±10	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	40-65	52±13	65±3	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	42-77	52±8	62±8	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	39-55	41±6	45±2	Diminue 1-10
	Femme	40-50	Stade I	Diminue 1-4	46-85	62±7	71±8	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	45-74	58±17	70±5	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	45-75	49±7	69±16	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	40-65	45±15	59±4	Diminue 1-10
		50-60	Stade I	Diminue 1-4	40-80	55±11	68±4	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	40-78	51±13	65±15	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	39-72	54±5	68±6	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	38-65	49±2	60±3	Diminue 1-10
		60-70	Stade I	Diminue 1-4	40-80	57±12	67±8	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	40-75	54±3	65±5	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	39-70	51±5	66±3	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	36-70	47±17	52±14	Diminue 1-10

		70-80	Stade I	Diminue 1-4	46-79	57±3	59±18	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	45-75	58±7	60±2	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	45-73	47±19	62±10	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	40-70	44±5	48±8	Diminue 1-10
		80-90						
			Stade I	Diminue 1-4	44-75	49±17	62±13	Diminue 1-10
			Stade II	Diminue 1-4	40-70	51±4	60±22	Diminue 1-10
			Stade III	Diminue 1-4	35-65	52±8	59±6	Diminue 1-10
			Stade IV	Diminue 1-4	35-60	45±7	45±19	Diminue 1-10

ANNEXE J

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la pression artérielle diastolique.

Partie J.1

Patient		Âge	Stade	Au repos	IMC	Pression sanguine diastolique		
						Exercice		
						Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M ± SD	Effet	Intervalle prévu	Intervalle prévu	Intervalle prévu
Sexe	Homme	40-50	Stade I	74.7±10.9	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		50-60	Stade I	77.5±11	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		60-70	Stade I	79.8±7.9	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		70-80	Stade I	80.6±13	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		80-90	Stade I	80.72±4.8	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		40-50	Stade I	69.8±12.1	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5

	Femme	50-60	Stade I	75.1±9.68	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		60-70	Stade I	79.1±8.74	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		70-80	Stade I	79.8±7.9	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
		80-90	Stade I	80.1±14	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5	↑↑ 1-5

Partie J.2

Patient		Âge	Stade	Pression sanguine diastolique						
				Au repos	IMC	Inhalateur	Comorbidités			
							CHF	Asthme	Diabète	HBP
				M ± SD	>25	Effet	Effet	Effet	Effet	Effet
Sexe	Homme	40-50	Stade I	74.7±10.9	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		50-60	Stade I	77.5±11	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		60-70	Stade I	79.8±7.9	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		70-80	Stade I	80.6±13	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10

	Femme	80-90	Stade I	80.72±4.8	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		40-50	Stade I	69.8±12.1	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		50-60	Stade I	75.1±9.68	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		60-70	Stade I	79.1±8.74	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		70-80	Stade I	79.8±7.9	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
		80-90	Stade I	80.1±14	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade II	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade III	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10
			Stade IV	PDC avec Stade	↑ 1-3	PDC	↑ 1-10	↑ 1-6	↑ 1-10	↑ 5-10

ANNEXE K

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de la pression artérielle systolique.

Partie K.1

Patient		Âge	Stade	La pression artérielle systolique				
				Au repos	IMC	Exercice		
					>25	Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M ± SD	Effet	Intervalle prévu	Intervalle prévu	Intervalle prévu
Sexe	Homme	40-50	Stade I	138(22)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	141(23)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	141(23)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	144(20)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		50-60	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		60-70	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		70-80	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		80-90	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
	Femme	40-50	Stade I	140(20)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	143(25)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	142(22)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	145(21)	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		50-60	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		60-70	Stade I	↑ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↑ 1-8	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↑ 1-7	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50

		70-80	Stade I	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
		80-90	Stade I	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade II	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade III	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50
			Stade IV	↓ 1-5	↑ 1-6	↑ entre 1-25	↑ entre 1-35	↑ entre 1-50

Partie K.2

Patient		Âge	Stade	Systolic blood pressure				
				Inhalateur	Comorbidités			
					CHF	Diabète	Asthme	PH
Sexe	Homme	40-50	Stade I	Effet	Effet	Effet	Effet	Effet
			Stade II	125-139	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	120-141	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	133-143	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		50-60	Stade I	130-144	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		60-70	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		70-80	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		80-90	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
	Femme	40-50	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		50-60	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		60-70	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		70-80	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
		80-90	Stade I	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade II	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade III	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5
			Stade IV	Augmente	↑ 1-19	↑ 1-2	↑ 1-15	↑ 1-5

ANNEXE L

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de VO2.

Partie L.1

Patient		Age	Stade	VO2 ml.kg-1.min-1					
				Vo2 max	Vo2 max	Vo2 réserve	Exercice		
				Measured	Équation		Intervalle prévu	Intervalle prévu	Intervalle prévu
Sexe	Homme	40-50	Stade I		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				19.4(4.1)					
			Stade II		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				19.1(4.5)					
		Stade III		14.1(3.5)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		Stade IV		11.4(4)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		50-60	Stade I		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				18.1(3.6)					
			Stade II		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				18.9(3.4)					
		Stade III		13.6(2.9)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		Stade IV		11.8(5)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		60-70	Stade I		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				17.3(2.9)					
			Stade II		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				18.1(6.1)					
		Stade III		12.9(1.8)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		Stade IV		11.1(2)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		70-80	Stade I		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				17.1(4.3)					
			Stade II		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				16.9(3.8)					
		Stade III		11.4(2.7)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		Stade IV		10(4)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
		80-90	Stade I		15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]
				16.5(3.7)					
		Stade II		15.2(4.1)					
					15 x (FRmax ÷ FRRepos)	VO2 max-vo2 repos	↑↑ [0,40% VO2R]	↑↑ [40–59% VO2R]	↑↑ [60–84% VO2R]

[illegible]

Partie L.2

Patient		Âge	Stade	VO2 ml.kg-1.min-1			
				IMC	Comorbidités	Inhalateur	Fumeur
					Asthme		
				Effet	Effet	Effets	Effet
Sexe	Homme	40-50	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		50-60	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		60-70	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		70-80	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		80-90	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
	Femme	40-50	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		50-60	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		60-70	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		70-80	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
		80-90	Stade I	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade II	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade III	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC
			Stade IV	↓10 V max	↓1-5 V max	PDC	PDC

ANNEXE M

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de PH.

Partie M.1

Patient		Âge	Stade	Au repos	IMC	PH		
						Exercice		
					>25	Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				Intervalle	Effet	Intervalle prévu	Intervalle prévu	Intervalle prévu
Sexe	Homme	40-50	Stade I	7.36, 8.02	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	7.01, 7.89	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	6.70, 7.29	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	6.45, 7.07	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		50-60	Stade I	6.69, 7.69	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓↓0.35	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓↓0.42	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓↓0.34	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		60-70	Stade I	7.08, 7.78	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓↓0.45	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓↓0.33	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓↓0.29	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		70-80	Stade I	5.46, 7.19	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓↓0.23	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓↓0.37	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓↓0.35	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		80-90	Stade I	5.50, 7.01	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓↓0.43	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓↓0.57	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓↓0.25	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
	Femme	40-50	Stade I	6.86, 7.52	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓0.10	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓0.33	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓0.62	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		50-60	Stade I	6.29, 7.18	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓0.19	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓0.54	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93

			Stade IV	↓0.81	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		60-70	Stade I	6.08, 7.10	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓0.23	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓0.63	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓0.71	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		70-80	Stade I	5.11, 6.99	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓0.39	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓0.41	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓0.21	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
		80-90	Stade I	5.01, 6.50	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade II	↓0.51	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade III	↓0.39	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93
			Stade IV	↓0.41	PDC	7.18-7.34	7.05-7.24	7.12- 6.93

Partie M.2

Patient		Âge	Stade	Fumeur	PH		
					Comorbidités		
					Diabète	Asthme	PH
				Effet	Effet	Effet	Effet
Sexe	Homme	40-50	Stade I	7.06, 8.03	6.2–6.9	↓0.3 ,0.6	7.36 (0.02)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		50-60	Stade I	6.71, 7.95	6.2–6.99	↓0.3 ,0.6	7.35 (0.04)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		60-70	Stade I	6.47, 7.88	6.3–6.98	↓0.3 ,0.6	7.36 (0.03)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		70-80	Stade I	5.36, 7.84	6.1–6.98	↓0.3 ,0.6	7.16 (0.08)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		80-90	Stade I	5.11, 7.34	6.2–6.95	↓0.3 ,0.6	7.21 (0.05)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
	Femme	40-50	Stade I	6.16, 7.83	6.2–6.91	↓0.3 ,0.6	7.17 (0.04)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		50-60	Stade I	6.11, 7.75	6.1–6.79	↓0.3 ,0.6	7.03 (0.12)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		60-70	Stade I	5.97, 7.28	6.0-6.8	↓0.3 ,0.6	6.95 (0.03)

			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		70-80					
			Stade I	5.06, 7.14	5.6–6.9	↓0.3 ,0.6	7.07 (0.08)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
		80-90					
			Stade I	4.81, 6.64	5.2–6.9	↓0.3 ,0.6	6.58(0.07)
			Stade II	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade III	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D
			Stade IV	N/D	N/D	↓0.3 ,0.6	N/D

ANNEXE N

Variation des signes vitaux avec divers profils médicaux des patients atteints de MPOC.

Ce tableau illustre la variation de HCO₃

Partie N.1

Patient		Age	Stade	HCO ₃				
				Au repos	IMC >25	Exercice		
						Taux métabolique léger	Taux métabolique modéré	Taux métabolique vigoureux
				M (SD)	Effet	Intervalle prévu	Intervalle prévu	M ± SD
Sexe	Homme	40-50	Stade I	25.6(1.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	24.2(6.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	24.8(1.2)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.7(4.3)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		50-60	Stade I	23.8 (0.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	24 (0.9)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	24.5 (0.8)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	24.5 (0.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		60-70	Stade I	24 (0.6)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	23.1 (1.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	23.4 (0.5)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.8 (1.2)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		70-80	Stade I	24.6(2.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	23.2(5.4)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	22.8(2.6)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.7(5.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		80-90	Stade I	22.4 (0.5)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	23.1 (0.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	23.6 (1.2)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.4 (3.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		40-50	Stade I	25 (0.8)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	24.6 (2.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	24.5 (1.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.1 (2.3)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		50-60	Stade I	24.7 (0.6)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1

	Femme		Stade II	23.6(0.4)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	23.3 (1.3)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	23.6 (1.5)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		60-70	Stade I	23 (1.2.)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	23.6 (3.4)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	22.4 (3.5)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	22.2 (5.1)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		70-80	Stade I	23.5(1.9)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	22.9(3.2)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	23.1(1.4)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	22.4(3.5)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6
		80-90	Stade I	23.3 (2.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓4.3 ± 2.6	↓↓5.4 ± 2.1	↓↓13.4 ± 3.1
			Stade II	24.6 (1.7)	↑↑ 2 m/L	↓↓3.3 ± 2.6	↓↓4.9 ± 1.3	↓↓11.2 ± 5.1
			Stade III	23.5 (4.3)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 3.6	↓↓3.01 ± 1.8	↓↓3.4 ± 1.5
			Stade IV	22.6 (3.9)	↑↑ 2 m/L	↓↓2.1 ± 2.2	↓↓2.5 ± 2.4	↓↓3.4 ± 3.6

Partie N.2

Patient		Âge	Stade	HCO3		
				Comorbidités		
				Diabète	CKD	PH
Sexe	Homme	40-50		Effet	Effet	Effet
			Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		50-60	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		60-70	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		70-80	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		80-90	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		40-50	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		50-60	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D

	Femme		Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		60-70				
			Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		70-80	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
		80-90	Stade I	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade II	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade III	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D
			Stade IV	↓↓2%	↓3-6.5%	N/D

ANNEXE O

Certificat éthique



Comité d'éthique de la recherche
Université du Québec à Chicoutimi

APPROBATION ÉTHIQUE

Dans le cadre de l'Énoncé de politique des trois conseils : éthique de la recherche avec des êtres humains 2 (2014) et conformément au mandat qui lui a été confié par la résolution CAD-7163 du Conseil d'administration de l'Université du Québec à Chicoutimi, approuvant la *Politique d'éthique de la recherche avec des êtres humains* de l'UQAC, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Chicoutimi, à l'unanimité, délivre la présente approbation éthique puisque le projet de recherche mentionné ci-dessous rencontre les exigences en matière éthique et remplit les conditions d'approbation dudit Comité.

Les membres jugent que ce projet rencontre les critères d'une recherche à risque minimal.

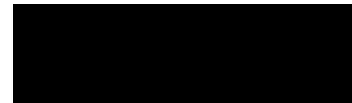
Responsable(s) du projet de recherche :	Monsieur Hamid McBeick, Professeur Département d'informatique et de mathématiques, UQAC
Cochercheur(s) :	Monsieur Hicham Ajami, Étudiant Doctorat en sciences et technologies de l'information, UQAC
Projet de recherche intitulé :	Conception et adaptation des applications contextuelles.
No référence du certificat :	602.577.01
Financement :	Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) - Programme Subventions à la découverte (RGPIN-2017-05521) Titre : idem au projet de recherche

La présente est valide jusqu'au 31 octobre 2018.

Rapport de statut attendu pour le **30 septembre 2018 (rapport final)**.

N.B. le rapport de statut est disponible à partir du lien suivant : <http://recherche.uqac.ca/rapport-de-statut/>

Date d'émission initiale de l'approbation : 10 octobre 2017
Date(s) de renouvellement de l'approbation :



Tommy Chevrete,
Professeur et président du Comité d'éthique de la
recherche avec des êtres humains de l'UQAC

Le 18 mars 2019

À l'attention de :

Hamid Mcheick, professeur
Département d'informatique et de mathématiques

Projet # 2018-151, 602.577.01 – 602.577.01

Titre : Conception et adaptation des applications contextuelles

Financement: CRSNG

Bonjour,

Pour donner suite à votre demande de renouvellement, le certificat d'approbation éthique pour le présent projet a été renouvelé en date du 18 mars 2019.

Ce certificat est valide jusqu'au 18 mars 2020.

Vous devez donc, avant cette date, obtenir le renouvellement de votre approbation éthique à l'aide du formulaire *F7 - Renouvellement annuel*. Un rappel automatique vous sera envoyé par courriel quelques semaines avant l'échéance de votre certificat.

Si votre projet est terminé avant cette échéance, vous devrez remplir le formulaire *F9 - Fin de projet*.

Si des modifications importantes sont apportées à votre projet avant l'échéance du certificat, vous devrez remplir le formulaire *F8 - Modification de projet*.

Prenez également note que tout nouveau membre de votre équipe de recherche devra signer le formulaire d'engagement de confidentialité et que celui-ci devra nous être transmis lors de votre demande de renouvellement.

Nous vous souhaitons bon succès dans la poursuite de votre recherche.

Cordialement,

Le CER-UQAC

RENOUVELLEMENT DE L'APPROBATION ÉTHIQUE

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains et qu'il satisfait aux exigences de notre politique en cette matière.

Projet # : 2018-151, 602.577.01 - 602.577.01

Titre du projet de recherche :
Conception et adaptation des applications contextuelles

Chercheur principal :
Hamid Mcheick, professeur
Département d'informatique et de mathématiques

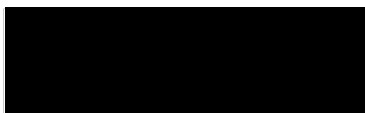
Cochercheurs :
Hicham Ajami, étudiant
Doctorat en sciences et technologies de l'information

Financement: CRSNG

Date d'approbation du projet : 10 octobre 2017

Date du renouvellement : 18 mars 2019

Date d'échéance du certificat : 18 mars 2020



Tommy Chevette